

VŠB – Technická univerzita  
Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Manipulátor pro tiskový stroj

Manipulator for Printing Machine

Student:

Bc. Miroslav Lička

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Miroslav Lička**

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

20 Výrobní stroje a zařízení

Téma:

**Manipulátor pro tiskový stroj**  
**Manipulator for Printing Machine**

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete manipulátor, který by ze zásobníku nabíral plastové kelímky a ukládal je na karuselový podavač tiskárny. Typ karuselu KP70\_12P\_8CLUV od společnosti Aroja xorfex s.r.o.. Manipulátor bude zároveň z karuselu odebírat potištěné plastové kelímky a transportovat je na výstupní místo (zásobník). Manipulátor bude navržen pro dva konkrétní typy kelímků o objemu 350 ml a 400 ml, které slouží k udržení teploty vloženého nápoje. Manipulátor musí transportovat 24 kelímků za minutu. Zpracujte variantní návrh manipulátoru a pro vybranou variantu zpracujte kompletní 3D model. Proveďte kontrolní a výpočty vytipovaných kritických uzlů konstrukce. Zpracujte výkresovou dokumentaci dle upřesnění vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3

MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 20.5.2019 .....

podpis studenta

*Yricha*

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5.2019



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Miroslav Lička

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Pod nádražím 607, Velká nad Veličkou

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MIROSLAV, M. *Manipulátor pro tiskový stroj: Diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2019, 86 s. Vedoucí práce: Kubín T.

Tématem mé diplomové práce je konstrukce manipulačního stroje pro tiskový stroj. Jedná se o přídavné zařízení pro tiskový stroj karuselového typu, který potiskuje plastové kelímky. V úvodu je vytvořen přehled manipulačních zařízení. Na základě tohoto rozdělení je vytvořen návrh stroje s funkcí jednotlivých částí. Stroj je rozdělen do třech částí. V práci jsou popsány jednotlivé části stroje a princip jejich činnosti. Vše je doplněno o obrázky generované z vytvořeného 3D modelu v programu Inventor. Na závěr práce je u vybraných komponent ověřena správnost vybraného řešení. Všechny požadavky vstupní požadavky na parametry stroje jsou splněny.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

MIROSLAV, M. *Manipulátor Printing Machine: Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machines and design, 2019, 86 s. Thesis head: Kubín T.

The subject of this thesis is design manipulator for printing machine. This is an additional device for a carousel-type printing machine that prints plastic cups. In the introduction there is an overview of handling devices. On the basis of this division is a proposal of machines with the functions of individual parts. The machine is divided into three parts. The thesis describes the individual parts of the machine and the principle of their operation. Everything is completed with images generated from the created 3D model in Inventor. At the end of the work, the correctness of the selected solution is verified for selected components. All requirements input requirements for machine parameters are met.

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Obsah .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>                | <b>9</b>  |
| <b>Úvod .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>1. Manipulátory a roboty .....</b>                         | <b>11</b> |
| 1.1 Rozdělení manipulátorů a robotů .....                     | 11        |
| <b>2. Rozbor zadání .....</b>                                 | <b>15</b> |
| 2.1 Parametry provozu .....                                   | 15        |
| 2.2 Parametry stroje .....                                    | 15        |
| 2.3 Pracovní prostředí .....                                  | 16        |
| 2.4 Parametry kelímků .....                                   | 16        |
| <b>3. Tiskový stroj.....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>4. Popis konstrukční návrhu.....</b>                       | <b>19</b> |
| 4.1 Rám stroje .....  | 21        |
| 4.2 Zásobník kelímků.....                                     | 25        |
| 4.3 Brzda .....   | 30        |
| 4.4 Vytahovač .....   | 31        |
| 4.5 Vedení kelímků .....                                      | 33        |
| 4.6 Jednotlivé kroky kelímku při uvolňování ze zásobníku..... | 35        |
| 4.7 Dopravník.....  | 39        |
| 4.7.1 Hnací válec .....                                       | 41        |
| 4.7.2 Napínací válec .....                                    | 42        |
| 4.7.3 Vodící válec.....                                       | 43        |
| 4.7.4 Distanční prvky .....                                   | 43        |
| 4.7.5 Vedení pásu .....                                       | 44        |
| 4.7.6 Středící zařízení .....                                 | 45        |
| 4.7.7 Dopravníkový pás.....                                   | 46        |
| 4.8 Manipálátor .....   | 47        |
| 4.8.1 Jednotlivé operace manipulátoru.....                    | 49        |
| 4.9 Představení jednotlivých částí manipulátoru.....          | 55        |
| 4.9.1 Lineární osa .....                                      | 55        |
| 4.9.2 Výkyvný kloub .....                                     | 61        |
| 4.9.3 Rameno manipulátoru .....                               | 62        |
| <b>5. Kontrolní výpočty .....</b>                             | <b>67</b> |
| 5.1 Kuličkový šroub .....                                     | 67        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.1.1     | Kontrola maximálních otáček .....        | 67        |
| 5.1.2     | Kontrola na vzpěr.....                   | 69        |
| 5.1.3     | Životnost kuličkového šroubu .....       | 70        |
| 5.1.4     | Výpočet hnacího kroutícího momentu ..... | 71        |
| 5.2       | Výpočet pohonu dopravníku .....          | 72        |
| 5.3       | Výpočet kyvných pohonů .....             | 74        |
| 5.3.1     | Středění na dopravníku.....              | 74        |
| 5.3.2     | Návrh pohonu ramene .....                | 75        |
| <b>6.</b> | <b>Závěr .....</b>                       | <b>80</b> |
| <b>7.</b> | <b>Seznam použité literatury .....</b>   | <b>82</b> |
| <b>8.</b> | <b>Seznam obrázků.....</b>               | <b>84</b> |
| <b>9.</b> | <b>Seznam příloh .....</b>               | <b>86</b> |



## Seznam použitých zkratk a symbolů

| Značka                | Název   | Jednotka             |
|-----------------------|---|----------------------|
| $C_{dyn}$             | Dynamická únosnost kuličkového šroubu         | [N]                  |
| D                     | Průměr hnacího válce                          | [mm]                 |
| $d_{\xi}$             | Průměr kuličkového šroubu                     | [mm]                 |
| e                     | Eulerovo číslo                                | [ - ]                |
| F                     | Axiální síla působící na matici               | [N]                  |
| f                     | Součinitel tření                              | [ - ]                |
| $F_{k\ k\check{s}}$   | Maximální dovolené teoretická síla            | [N]                  |
| $F_m$                 | Střední zatížení                              | [N]                  |
| $F_{max\ k\check{s}}$ | Maximální dovolená provozní axiální síla      | [N]                  |
| g                     | Tíhové zrychlení                              | [m/s <sup>2</sup> ]  |
| $k_d$                 | Koeficient uložení kuličkového šroubu         | [ - ]                |
| $k_k$                 | Koeficient uložení kuličkového šroubu         | [ - ]                |
| $l_d$                 | Vzdálenost mezi ložisky                       | [mm]                 |
| $l_k$                 | Velikost nepodepřené délky kuličkového šroubu | [mm]                 |
| $L_{k\check{s}}$      | Životnost kuličkového šroubu v otáčkách       | [ot.]                |
| M                     | Hnací kroutící moment                         | [Nm]                 |
| $m_d$                 | Maximální zatížení dopravníku                 | [kg]                 |
| $m_{rp}$              | Hmotnost ramena včetně příslušenství          | [kg]                 |
| $n_{k\ k\check{s}}$   | Kritické otáčky kuličkového šroubu            | [min <sup>-1</sup> ] |
| $n_{max\ k\check{s}}$ | Maximální přípustné otáčky kuličkového šroubu | [min <sup>-1</sup> ] |
| P                     | Stoupání závitu kuličkového šroubu            | [mm]                 |
| T                     | Celkový odpor vyvolaný zatížením pásu         | [N]                  |
| $T_1$                 | Tahová síla působící v horní větvi dopravníku | [N]                  |
| $T_2$                 | Tahová síla působící v dolní větvi dopravníku | [N]                  |
| $T_{max}$             | maximální tahová síla na bubnu                | [N]                  |
| $\alpha$              | Úhel opásání dopravníkového pásu na bubnu     | [rad]                |
| $\eta$                | Účinnost                                      | [ - ]                |
| $\mu$                 | Součinitel tření mezi pásem a bubnem          | [ - ]                |

## Úvod

Neustálý tlak na zvyšování produktivity práce a zároveň i zvyšování kvality má za následek, neustálý vývoj zařízení v oblasti automatizace. Automatizace se zavádí do výrobních celků tam, kde je možné jednoduše nahradit lidskou práci. Většinou se jedná o pracovní operace, které jsou monotónní, nebo práci v nebezpečném prostředí.

Má diplomová práce se zabývá právě jedním z výrobních zařízení, které z části nahrazují lidskou práci. Vždy je třeba lidská obsluha stroje ať už jako doplňování součástí, nebo spouštění programu. V mé diplomové práci se jedná o zařízení pro manipulaci s plastovými kelímky, které jsou potřeba založit do karuselového tiskového stroje.

Požadavek na manipulační stroj přišel od firmy Aroja Xorfex s.r.o., která se zabývá vývojem a výrobou inkoustových průmyslových strojů a 3D tiskáren.

## **1. Manipulátory a roboty**

Díky modernizaci dochází k stále většímu využívání průmyslových manipulátorů a robotů ve výrobě. Automatizací výroby neznamena použít pouze určitý druh manipulátoru, ale automatizaci doprovází i další pracovní operace, jako je přeprava, kontrola a další doplňující pracovní operace. Automatizovat jde většina výrobních operací, a nemusí se vždy jednat pouze o velkovýrobu, nýbrž se může jednat i o malosériovou výrobu. Poté dojde k tomu, že pracovník je osvobozen od zdlouhavé monotónní práce a může pracovat v jiné části výroby, kde práce není tak monotónní a tím zvýší i produktivitu své práce.

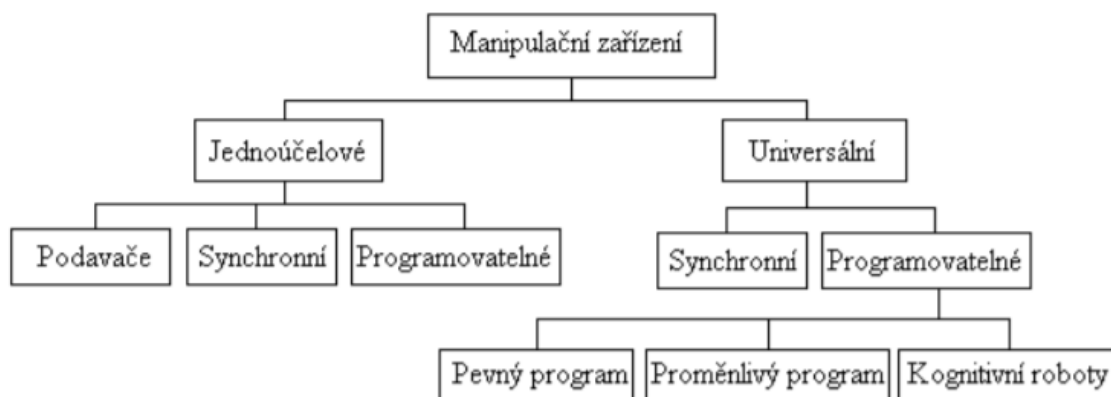
Aplikace manipulátoru ovšem není jen tam, kde je monotónní práce, ale i tam, kde použití manipulátoru má vliv na zvýšení produktivity a zlepšení kvality výroby.

Prvotní finanční investice do automatizovaného pracoviště je poněkud vyšší, nicméně pokud se jedná o univerzální zařízení, které je možno později přemístit na jinou výrobní operaci. Tím dojde i k pozdějšímu využití stroje.

### **1.1 Rozdělení manipulátorů a robotů**

Rozdělení manipulátorů a robotů můžeme provést podle několika kritérií. Jednou z nich může být funkce. Další variantou může být podle pracovního prostoru, počtu stupňů volnosti nebo taky podle pracovního média.

Základní rozdělení je možno vidět na následujícím obrázku.



*Obr. 1.1 Rozdělení manipulátorů [1]*

Jednouúčelové se vyznačují tím, že mají omezené pohybové možnosti, které jsou přizpůsobeny pro danou aplikaci. Manipulátor má pevně napsaný program. Jeho výhodou je, že může být upraven podle rozměrové dispozice místnosti a tím může pracovat i na pozicích, kam by se univerzální manipulátor nemusel dostat. [1]

Často se jedná o použití jednoúčelových manipulátoru tam, kde manipulátor stačí úrovní svého řízení. Navíc je možnost přizpůsobit konstrukční řešení a pohony se zařízením, které má být obsluhováno. [1]



*Obr. 1.2 Lineární zakladač [3]*

Univerzální manipulátory jsou konstruovány tak, aby se jejich využití dalo lehce přizpůsobit jakékoliv výrobní operaci. [1]



*Obr. 1.3 Teleoperátor [2]*

Programovací manipulátor je zařízení, kde se o chod stará počítač. Je několik variant programovatelných robotů. Jedním z nich jsou roboty, které mají přesně definovaný program, který vykonávají stále. Další variantou je zařízení s proměnným programem. Ten je možno přepínat do různých modifikací v závislosti na konkrétní situaci. Poslední variantou jsou kognitivní roboti, kteří mají možnost vnímat okolí a reagovat na aktuální situaci. [2]



*Obr. 1.4 Průmyslový robot [4]*

## **2. Rozbor zadání**

Tato kapitola je zaměřena na požadavky, které je třeba dosáhnout při konstrukci stroje. Jedná se o parametry samotného manipulačního stroje, umístění stroje a ostatní potřebné parametry. Ze zadaných parametrů je pak možno sestavit návrh konstrukce stroje tak, aby co nejlépe odpovídal požadovaným parametrům.

### **2.1 Parametry provozu**

Základní požadavek na zařízení je takový, aby zařízení bylo schopno pracovat v automatickém režimu bez nutnosti častých zásahů operátora stroje. Operátor stroje bude pouze doplňovat zásobník nepotištěnými kelímky, které bude mít v krabici nebo přepravní bedně a dále bude kontrolovat správnost chodu stroje. Ze vstupního zásobníku se kelímky musí dopravit k manipulátoru, kde dojde k jejich uchopení a přemístění do karuselu tiskového stroje. Na karuselu je společná pozice pro založení nových kelímků a odebrání již potištěných. Proto je potřeba před založením kelímků nejprve odstranit potištěné. Manipulovat se bude vždy s dvojicí kelímku, tzn. zakládat se budou vždy dva kelímky a odebírat z karuselu taktéž dva kelímky. Stroj zároveň musí být schopen pracovat s dvěma velikostními kelímky.

### **2.2 Parametry stroje**

- Založení nových kelímků každých 5 s
- Velikost kelímků 400 ml a 350 ml
- Maximální rozměry stroje 2 x 1 m
- Zásoba kelímků v zásobníku alespoň na 4 min
- Přípojný místo ve výšce 1050 mm nad úrovní podlahy
- Osová vzdálenost přípojných trnů 170 mm
- Připojovací trny jsou umístěny vedle sebe v horizontální poloze
- Neuchopovat kelímek za tělo

## 2.3 Pracovní prostředí

Zařízení se bude nacházet ve výrobní hale v čistém a bezprašném prostředí.

Parametry prostředí:

- Teplota okolí: 10-45 °C
- Připojení k elektřině: 230 / 400 V
- Podlaha: Litý beton
- Zdroj stlačeného vzduchu: 6 bar

## 2.4 Parametry kelímků

Plastové kelímky jsou vyrobeny z plastu, a to konkrétně z materiálu PLA. Kelímky jsou vyrobeny pomocí metody vstřikování. Tvar kelímku je možno vidět na obrázku XX. Každá z velikostí kelímku má jinak tvarované dno.

Parametry kelímků jsem zjistil z referenčních kelímků, které byly k dispozici pro testování stroje. Kelímky lze do sebe stohovat. Vzdálenost mezi lemy dvou stohovaných kelímků je 30 mm.

Kelímek velikost 400 ml.:

- Výška kelímku: 137,5 mm
- Vnější průměr dna: 56,4 mm
- Vnější průměr hrdla: 90 mm
- Hmotnost: 30 g

Kelímek velikost 350 ml:

- Výška kelímku: 114,5 mm
- Vnější průměr dna: 60,2 mm
- Vnější průměr hrdla: 90 mm
- Hmotnost: 28 g





*Obr. 2.4.1 Kelímek 400 ml a jeho dno*



*Obr. 2.4.2 Kelímek 350 ml a jeho dno*

### 3. Tiskový stroj

Tiskový stroj s typovým označením KP70\_12P\_8CLUV je zařízení pro potisk rotačních objektů. Jedná se o digitální vysoce pokročilou technologii inkoustového potisku za pomoci UV inkoustu. [5]

Tiskový stroj je karuselového typu s dvanácti pracovními místy. Na každém pracovním místě lze provádět jednu výrobní operaci, jako je manipulace, kontrola, příprava k potisku, samotný tisk a vytvrzování.

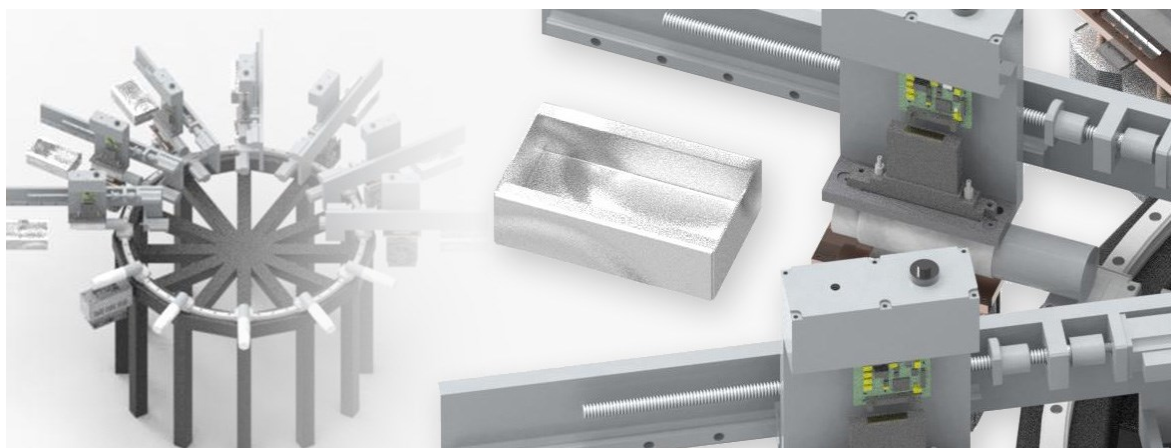
V každé pracovní pozici se bude pracovat s dvojicí rotačních těles.

Stroj je kompletně zakrytován kromě místa pro vkládání a odebírání rotačních těles. Je to pro eliminaci vnikaní prachových nečistot, které mohou ovlivnit kvalitu tisku.

Technické parametry:

- |  |               |
|--|---------------|
| • Čas potřebný pro potištění jedné dvojice rotačních těles | 4-6 sekund    |
| • Rozlišení tisku  | 360 x 360 dpi |
| • Optické rozlišení  | 960 x 960 dpi |
| • Aktivace inkoustu  | UV lampa      |

Jelikož je stroj stále ve vývoji, nejsou ještě známi veškeré dosažené parametry stroje. Obrázek níže je pouze ilustrační, není generován z požadovaného stroje.



*Obr. 3.1 Tiskový stroj [5]*

## 4. Popis konstrukční návrhu

Na základě vstupních požadavků jsem vybral koncepční variantu jako jednoúčelový stroj. Je to hlavně z důvodu cenového, kdy v případě robota by stejně musel být navržen zásobník, případně i dopravník kelímků. Proto jsem navrhnul variantu, která co nejvíce splňovala požadavky jak na chod stroje, tak na jeho další parametry.

V zadní části stroje je umístěn zásobník tak, aby jej bylo co nejjednodušší během chodu stroje doplňovat. Prázdné kelímky operátor linky obdrží od výrobce v krabici nebo jiném druhu přepravní bedny. Tu má možnost si odložit na odkládací plochu, která je vytvořena na levém boku stroje. Konkrétně se jedná o místo nad rozvaděčem. Operátor doplňuje kelímky vždy hrdlem kelímku směrem dolů. Jednotlivé kelímky se do sebe stohují, tím je možné umístit do zásobníku větší počet kelímků. Doplňovat lze jen do třech tubusů zásobníku. Do čtvrtého tubusu, odkud se právě odebírají kelímky není možné doplňovat.

Ještě, než se kelímek dostane na dopravník, jsou zde přídatné zařízení, které zajistí, že na dopravník bude umístěn vždy pouze jeden kelímek a zároveň nedojde k tomu, že kelímek zůstane zaklíněn v tom následujícím, který je v zásobníku. Rovněž je důležité, aby se kelímek při pádu nepřeklopil, a i nadále zůstal stejně orientovaný.

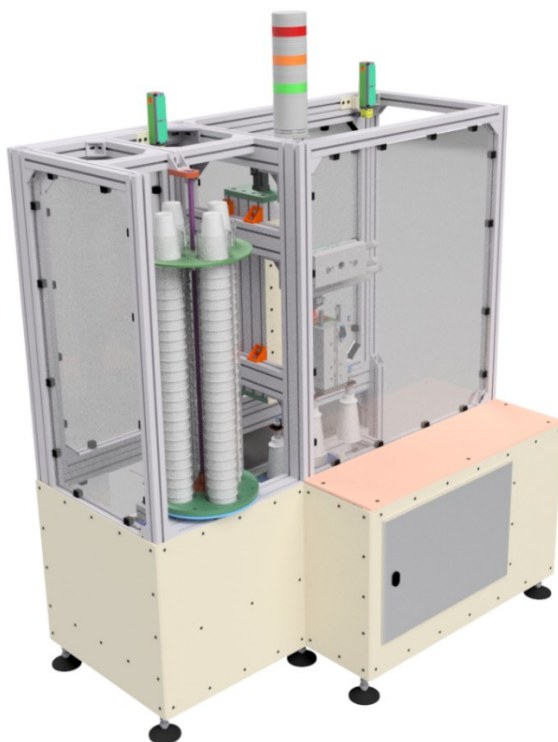
Na to navazuje pásový dopravník, který má za úkol dopravit nepotištěný kelímek do dvou koncových poloh, kde dojde za pomoci manipulátoru k uchycení kelímku a následná manipulace ke karuseli. Kelímky putují po pásu po jednom kusu. Jakmile je kelímek v první středící poloze, vydá se na svoji cestu po dopravníku další, který se dostane do druhé středící polohy. To, zda se kelímek nachází v poloze středění zjišťuje laserový senzor.

Manipulátor zajišťuje přepravu kelímku z referenčních poloh na dopravníku do upínacího místa na karuseli tiskového stroje. Po výměně dvojice kelímků dojde k přemístění kelímku na zpětný dopravník a zároveň dojde k uchopování nové dvojice kelímků.

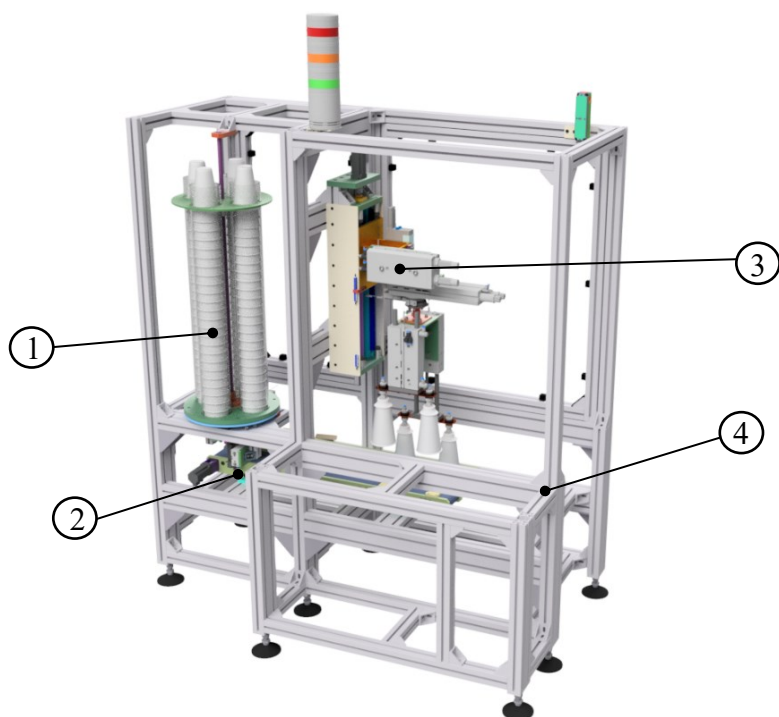
Poté, co se umístí potištěné kelímky na druhý dopravník, dojde k dopravení kelímků pryč z manipulačního prostoru stroje, a i z prostoru celého stroje. Na konci dopravníku je skluz, kdy jednotlivé kelímky vyjíždějí ze stroje do krabice nebo jiné přepravky. Zde může být i varianta, kdy se místo skluzu umístí další dopravník, který hotové kelímky odveze k dalším výrobním operacím.

Celý stroj je navíc zakrytován, aby došlo k eliminaci možného poranění obsluhy a zároveň zamezení vniku nežádoucích předmětů do pracovního prostoru. Dále je stroj osazen

o senzory, které slouží jako zpětná vazba z jednotlivých mechanismů, a taktéž je stroj osazen bezpečnostními prvky.



*Obr. 4.1 Celkové pohled na stroj*

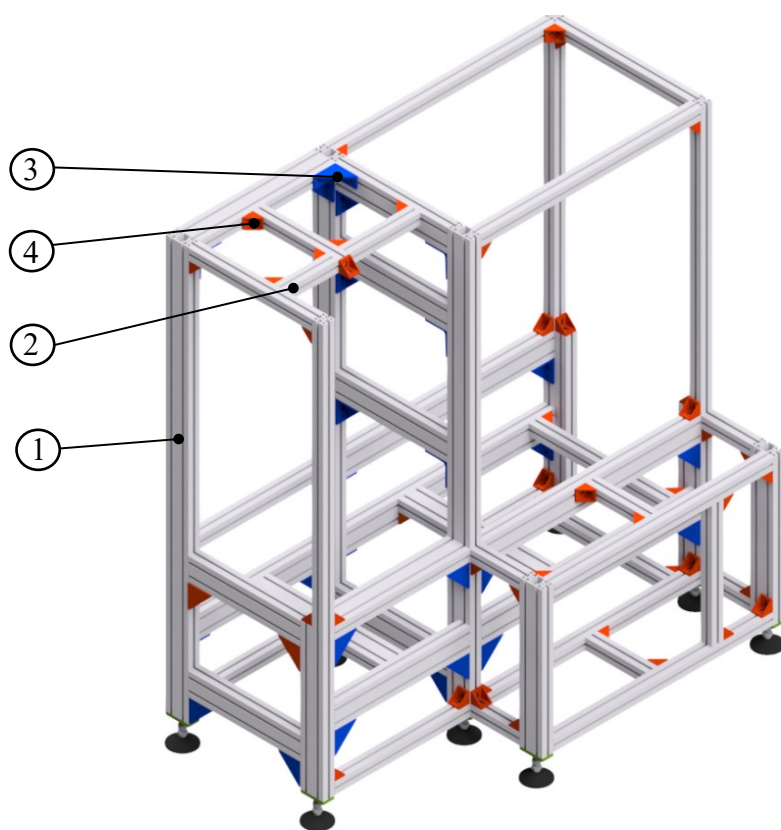


*Obr. 4.2 Pohled na stroj bez krytování a rozvaděčové skříně*

1- Zásobník; 2 – Dopravník; 3 – Manipulátor; 4 – Rám stroje

## 4.1 Rám stroje

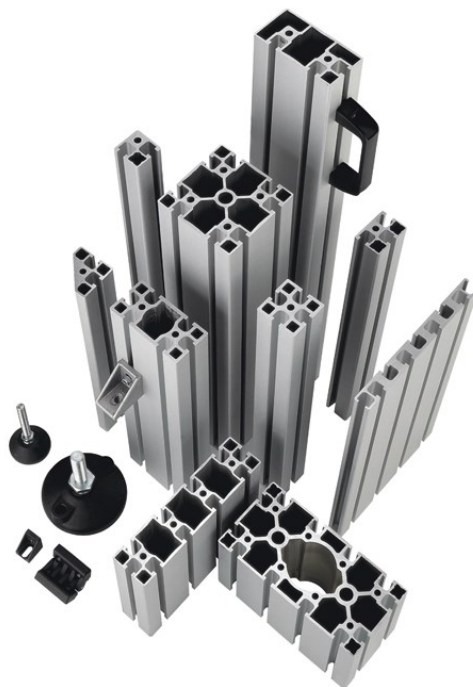
Rám stroje je šroubovaný z hliníkových profilů od firmy ALUTEC KK s.r.o. Tato variantu jsem zvolil pro jednoduchou montáž a rychlou stavbu celého rámu a taktéž pro možnost jednoduššího připevnění jakéhokoliv zařízení na rám. Jelikož je rám šroubován, odpadá potřeba svařování a je možnost kdykoliv rám přetvořit. Jednotlivé velikosti profilu se nařežou na požadované rozměry a poté se za pomoci úhlových spojek spojují do požadované velikosti a tvaru rámu. Pokud se vyskytne nějaká nepřesnost, je kdykoliv možné požadovaný profil zkrátit nebo vyměnit za nový kus. I přesto, že je rám montován, si zachová dobrou tuhost.



*Obr. 4.1.1 Rám stroje*

1 – Profil 90 x 45; 2 – Profil 45 x 45; 3 – Úhelník velký; 4 – Úhelník malý

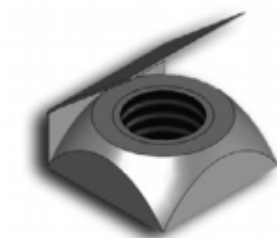
Na konstrukci rámu byly použity dvě velikosti profilu a to velikost 90 x 45 mm s drážkou 8 mm a taky velikost 45 x 45 mm taktéž s drážkou 8 mm. Pro připojení doplňkových zařízení jsem ještě použil profil 30 x 30 mm, který má drážku 6 mm. Jak již bylo zmíněno, celá konstrukce je montovaná pomocí uhlových spojek. Společnost ALUTEC KK s.r.o. dodává uhlové spojky několika tvarů a rozměrů.



*Obr. 4.1.2 Modulární hliníkové profily od společnosti ALUTECKK [6]*

Ustavení rámu je provedeno pomocí stavěcích patek, kdy je možné je ještě dále výškově nastavovat a tím vyrovnat případné nerovnosti podlahy.

Pro spojování úhelníku s profilem jsem použil matice s pružinou. Matice má tu výhodu, že se zasune nebo nacvakne do profilu a fixuje tak svou polohu. Poté je jednodušší zašroubovat do takhle připravené matice šroub a vytvořit tak pevný spoj.



*Obr. 4.1.3 Matice s pružinou [7]*

V rámu stroje jsem umístil rozvaděčovou skříň. Ta je zabudována do celkové koncepce stroje. Tím, že je rozvaděč umístěn z boku stroje, vznikla tak odkládací plocha pro krabice nebo přepravku s novými kelímky.

Parametry rozvaděčové skříně:

- Šířka 600 mm
- Výška 400 mm
- Hloubka 250 mm

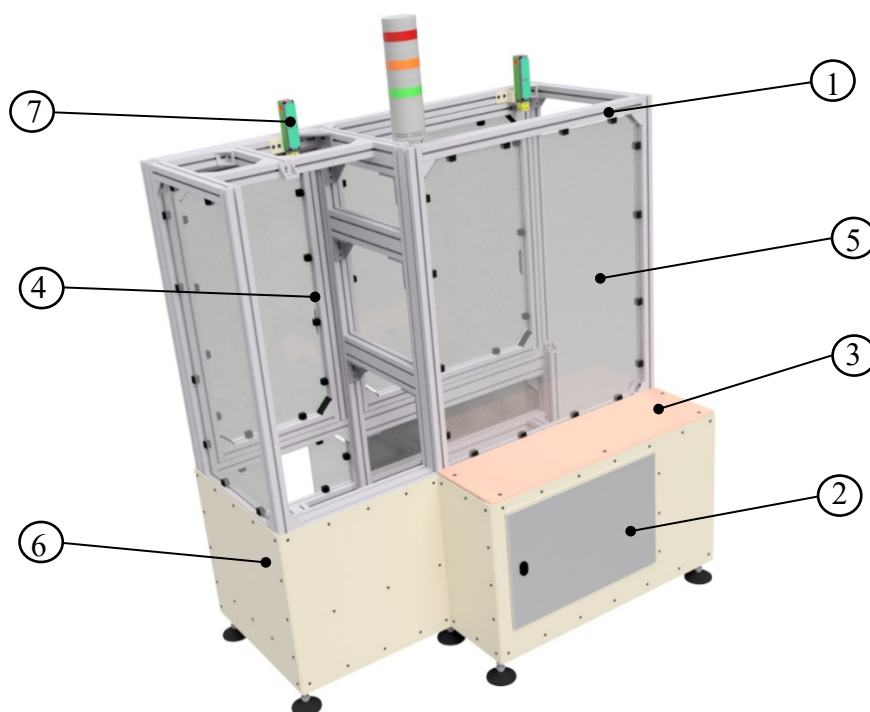


*Obr. 4.1.4 Rozvaděčová skříň [8]*

Rozměry rozvaděče jsou voleny takové, aby do rozvaděče bylo možno umístit ovládací zařízení jak pro elektro, tak pro pneumatické pohony.

Rám stroje je zakrytovaný z důvodu zamezení úrazu obsluhy a jednak, aby se do stroje nedostaly nežádoucí tělesa. Ve spodní části stroje je pro krytování použit plech. V horní části stroje je použito plexisklo. To má tu výhodu, že je možnost sledovat chod stroje a zjistit, zda nedošlo k chybě. Plexisklo je v rámu upevněno pomocí držáků od společnosti AlutecKK, které umožňují osazení plexiskla do středu rámu bez nutnosti šroubování.





*Obr. 4.1.5 Rám s krytováním a bezpečnostními zámky*

- 1 – Rám stroje; 2 – Rozvaděčová skříň; 3 – Odkládací plocha; 4 – Dveře;  
5 – Plexisklo; 6 – Oplechování stroje; 7 – bezpečnostní zámek

Aby bylo možné se dostat během servisu nebo během neočekávané chyby do pracovního prostoru stroje, jsou na boční straně stroje umístěny na dvou místech dveře. Na dveřích jsou umístěny elektrické zámky, které zabrání právě nedovolenému otevření dveří. Zámky dovolí otevřít dveře pouze ve dvou případech, a to, pokud stroj stojí, nebo během servisního běhu, kdy stroj pracuje pouze omezenou rychlostí. Další parametry, kdy může dojít k odblokování bezpečnostního zámku lze nastavit v řídicím programu stroje. Zámek má blokovací sílu až 2500 N a jeho výrobce je společnost EUCHNER. Pro zajištění dveří jsem zvolil variantu zámku STP.



*Obr. 4.1.6 Bezpečnostní zámek [9]*



## 4.2 Zásobník kelímků

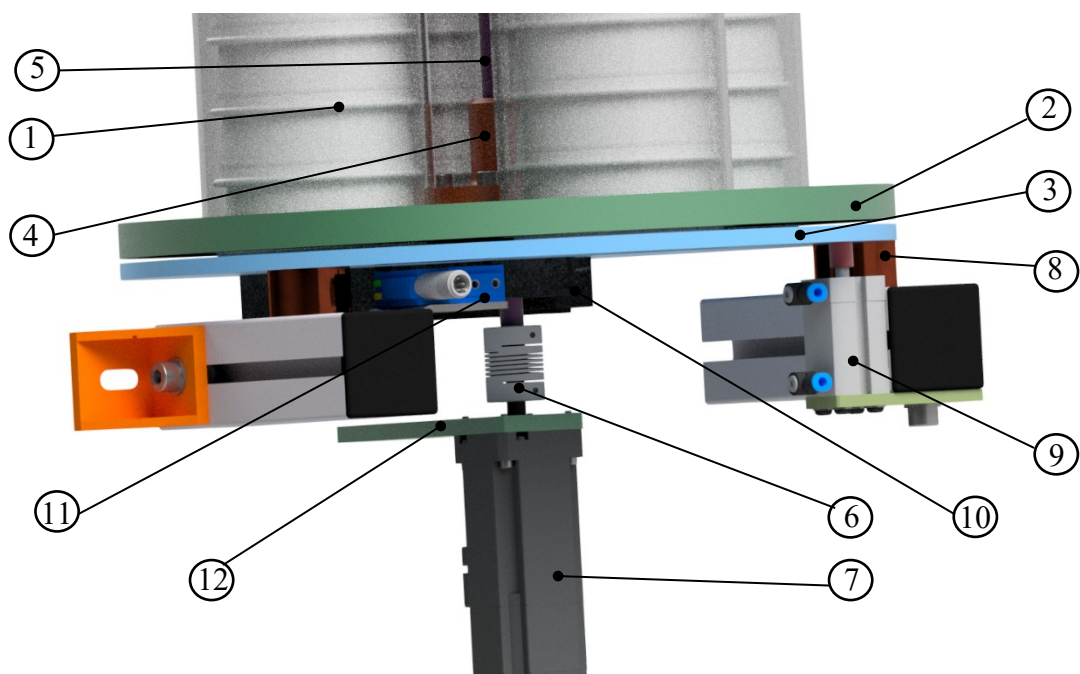
Požadavek na zásobu kelímků je takový, aby kapacita kelímků byla dostatečná alespoň pro 4. minutový provoz bez nutnosti doplňovat kelímky. Proto jsem zvolil karuselový zásobník s kapacitou 100 kelímků. Pokud se každých 5 sekund odeberou 2 kelímky, kapacita zásobníku by měla stačit na 4 minuty a 10 sekund provozu. Nicméně již během chodu stroje je možné kelímky doplňovat.



Obr. 4.2.1 Zásobník

Kelímky je třeba na sebe stohovat. Tím dochází k úspoře místa. Kelímky od výrobce dostane operátor stroje již stohované v krabici nebo přepravním boxu. Počet kelímku v dodaném stohu se může lišit od toho, kolik je třeba založit do zásobníku stroje. Zásobník je navržen s čtyřmi pozicemi, na kterých se nachází tubusy pro vedení kelímků, kdy kapacita jedné pozice je 25 kusů kelímků. Ačkoliv má zásobník čtyři pozice, není možné doplňovat více než tři pozice najednou. Čtvrtá pozice je ta, z které se během chodu programu odebírají kelímky a doplňování do této pozice by mohlo znamenat kolizi a tím zastavení chodu stroje.

Zásobník je karuselového typu a jak již bylo zmíněno, má čtyři pozice, kde se nacházejí tubusy na vedení kelímků. Tubusy jsou z čirého plexiskla s vnějším průměrem 100 mm a tloušťkou stěny 3 mm. Obsluha stroje je poté schopna pouhým pohledem zjistit množství kelímků v jednotlivém tubusu. Tubusy jsou usazeny v základní desce, která přenáší otáčky z hřídele přes unašeč. Pod základní deskou je umístěna podpěrná deska, která zamezuje, vypadávání kelímku z tubusu ze zásobníku v jiné poloze, než která je pro to určena.



*Obr. 4.2.2 Detailní pohled na spodní část zásobník*

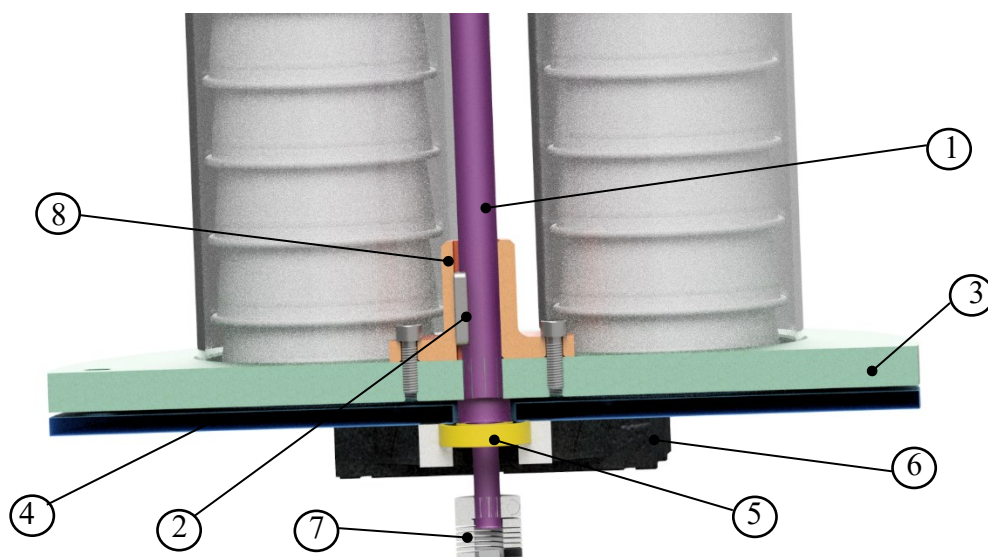
- 1 - Tubusy na kelímky s kelímky; 2 – Základní deska; 3 – Podpěrná deska; 4 – Unašeč;  
 5 – Hřídel zásobníku; 6 – Pružná spojka; 7 – Servomotor; 8 – Distanční prvek;  
 9 – Středící zařízení; 10 – Držák zásobníku; 11 – Laserový snímač; 12 – Držák motoru

Otáčení celého zásobníku zajišťuje servomotor od společnosti HIWIN s označením FRLS102B5A4A. Jedná se o servomotor s výkonem 100 W a jmenovitými otáčky 3 000 ot/min, který je napájen 220 V. Motor je možné až trojnásobně přetížit na krátkou dobu. Většinou se tak děje při rozběhu. Tento servomotor je vybaven brzdou proti pootočení během doby, kdy není karusel v pohybu. Taktéž je osazen senzorem pro měření natočení. Jedná se sice pouze o absolutní odměřování, nicméně pro použití na zásobníku je dostačující. [18]

Motor jsem spojil s hřídelí zásobníku pružnou spojkou. Uložení motoru je na rám stroje za pomoci upevňovací destičky.

Uložení zásobníku je na dvou místech, a to v horní části a ve spodní části zásobníku. Na horní straně je uložení v kuličkovém radiálním ložisku pro ustavení zásobníku ve svislé poloze. Zatímco přes spodní uložení se přenáší veškeré zatížení zásobníku. Uložení hřídele ve spodní části je pomocí kuličkového ložiska s kosoúhlým stykem. Toto ložisko je uloženo v držáku pro zásobník, který je pevně přišroubován k rámu stroje.

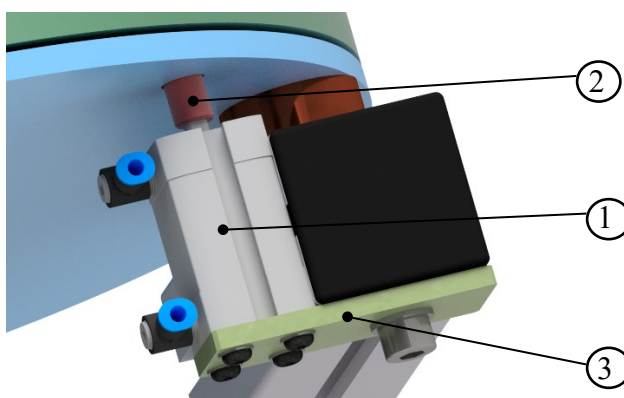
O přenos otáček z hřídele na základní desku se stará unašeč. Unašeč je pevně přišroubován k základní desce. Přenos kroutícího momentu z hřídele na unašeč je zajišťován perem.



*Obr. 4.2.3 Uložení zásobníku*

- 1 – Hřídel zásobníku; 2 – Pero; 3 – Základní deska; 4 – Podpěrná deska;  
5 – Ložisko; 6 - Držák zásobníku; 7 – Pružinová spojka; 8 - Unašeč

Během polohování rotační části zásobníku, nemusí vždy dojít k správnému ustavení. Proto jsem ve spodní části umístil středící zařízení, které nejen že zásobník vystředí, ale taky slouží jako brzda proti samovolnému otočení zásobníku. Pro středící zařízení jsem použil pneumatický válec s označením ADN-12-15-A-P-A od firmy Festo. Tento pneumatický válec má zdvih pouze 15 mm, což je pro funkci brzdy a středění dostačující. Aby bylo možné zjistit, v jaké poloze se zrovna píst válce nachází, jsem na tělo válce umístil odměřovací senzor. Připojení stlačeného vzduchu je přes škrtkový ventil. Na pístnici jsem umístil středící váleček. Ten je během středění vsunut mezi dvojici desek a tím se zamezí pootočení. Připevnění pístu k rámu je přes upínací destičku.



*Obr. 4.2.4 Středící zařízení zásobníku*

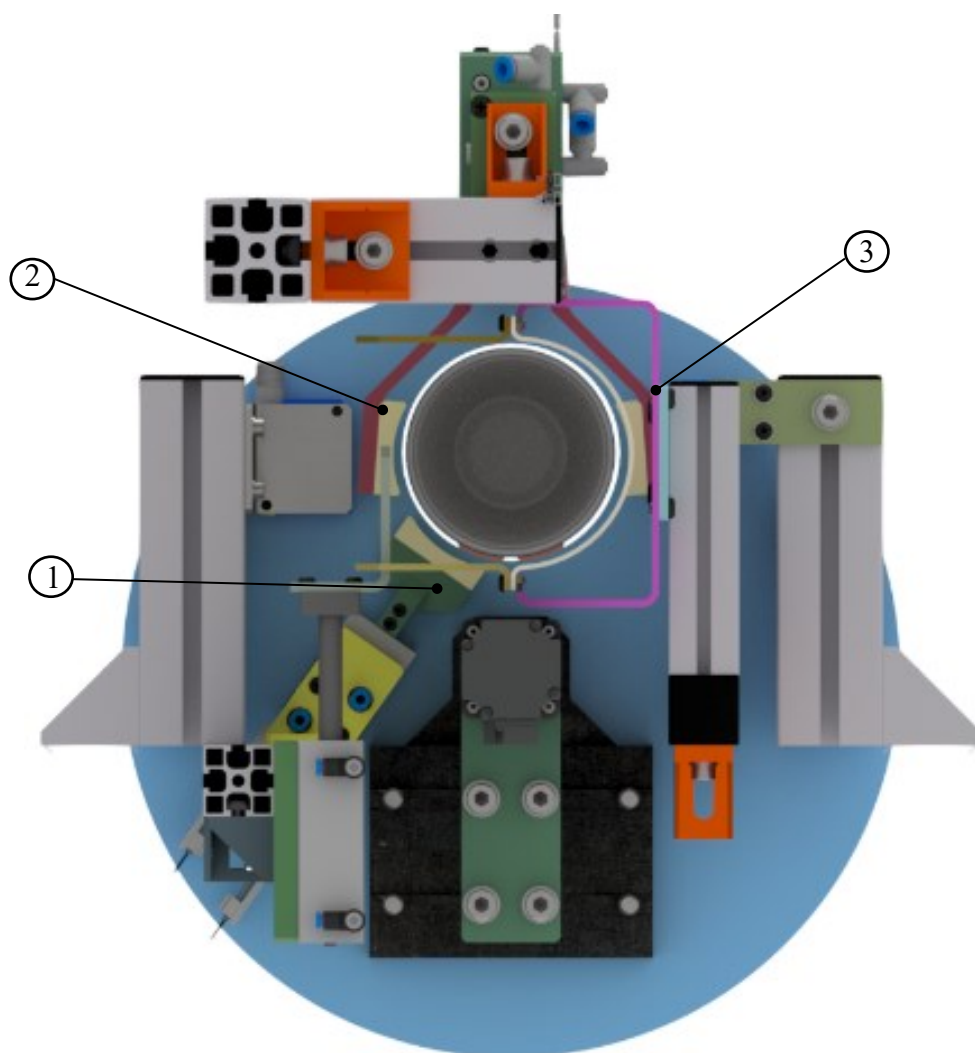
1 – Pneumatický válec; 2 – Středící váleček; 3 – Upevňovací destička

Dále jsem na zásobník umístil laserový senzor WTF12-3P2431 od společnosti SICK, který má snímací vzdálenost od 30 do 175 mm. Senzor plní funkci identifikaci kelímků. Pokud laser nezaznamená žádný kelímek na výstupu ze zásobníku, dojde k pootočení karuselu zásobníku do další pozice.



*Obr. 4.2.5 Laserový senzor [10]*

Další částí zásobníku tvoří zařízení, které mají za úkol zabezpečit uvolnění vždy pouze jednoho kelímku a správné umístění na pás dopravníku. Přitom je třeba zamezit převržení kelímku. Jedná se tedy o brzdu, vyhazovač a vodič kelímků.

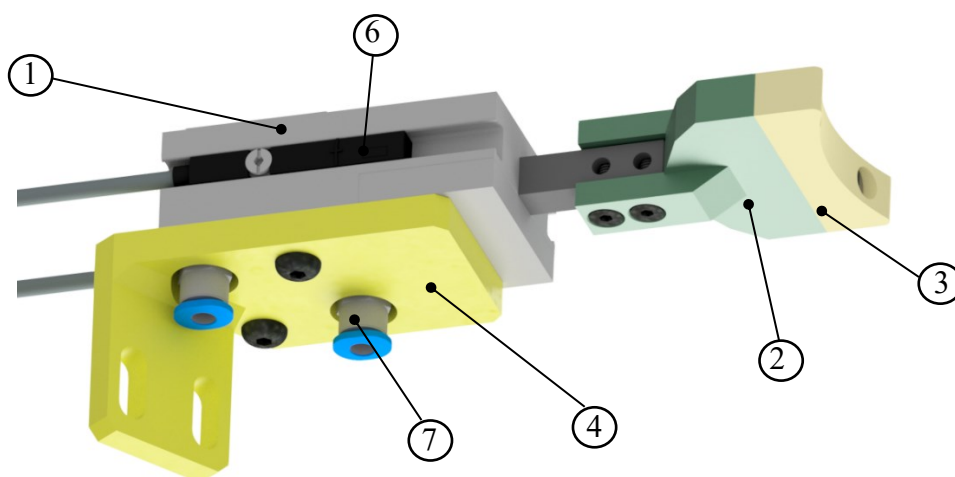


*Obr. 4.2.6 Pohled ze spodu na zásobník*

1- Brzda; 2 – Vytahovač; 3 – Vedení kelímků

### 4.3 Brzda

Brzda slouží k tomu, aby se zamezilo vypadávání více kelímků ze zásobníku, kde jsou kelímky stohovány. Ze zásobníku vlivem gravitace vypadávají kelímky. Ty dopadnou na čelisti vytahovače, které zamezí dalšímu pohybu. V ten okamžik dojde k vysunutí pístu brzdy pod lem druhého stohovaného kelímku. Tím se zamezí, že při otevření čelistí vytahovače, které drží spodní kelímek nedojde k vypadnutí více než jednoho kelímku. Poté co dojde k ustavení čelistí vytahovače do výchozí polohy, píst brzdy se zasune a dojde k posunu dalšího kelímku.



*Obr. 4.3.1 Brzda zásobníku*

1 – Pneumatický pohon; 2 – Držák; 3 – Plastový doraz; 4 – Držák brzdy; 5 – Připojení pneumatiky; 6 – Senzor; 7 – Šroubení

Pro brzdu je použit opět pneumatický pohon. Konkrétně se jedná o HPVS-10-10, což je pístový oddělovač. Jsou to písty, které mají malý zdvih a taktéž malou sílu. Pohon doplněn o senzor, který zjišťuje polohu pístu ve válci a tím je možno určit, v jaké poloze se zrovna brzda nachází. Senzor je umístěn na těle zadržovače v drážce pro senzor.

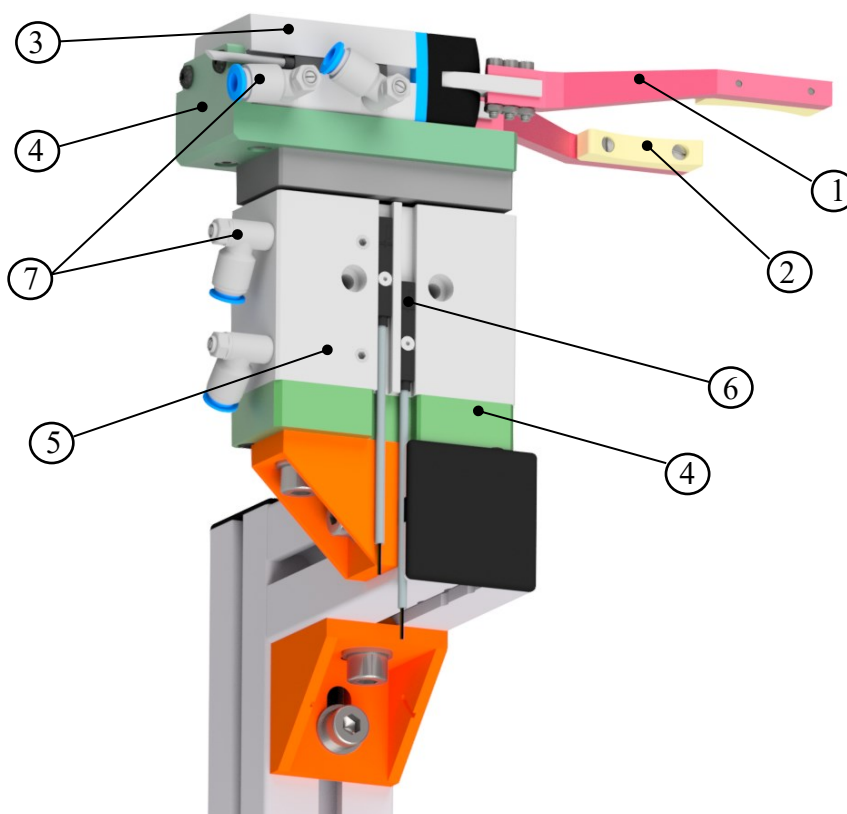
Na oddělovač je připevněn držák, který drží plastový doraz. Plastový doraz brzdy je část brzdy, která je v kontaktu s kelímkem.

Brzda je přišroubována na rám stroje pod podpěrnou desku zásobníku pomocí držáku, který je výškově stavitelný.

## 4.4 Vytahovač

Vytahovač má v zásobníku hned dvě funkce. Jedna z jich je vytahování kelímků, pokud zůstane kelímek v zaklíněném stavu v tom následujícím. Druhou funkcí je doraz pro kelímky, které vypadávají ke zásobníku. Tím se zamezí propadnutí více než jednoho kelímku.

Kelímek při vyjetí ze zásobníku dopadne na čelisti vytahovače, které se nacházejí v sevřeném stavu. Poté co se vysune brzda a zamezí tak posun kelímku následujícího, dojde k rozevření čelistí. Pokud kelímek není zaseklý v následujícím, nastane případ, kdy kelímek spadne na dopravník. O to, aby spadl kelímek správně na dopravník se stará vodič kelímku. Nicméně pokud nastane situace, kdy kelímek zůstane zaklíněn v tom následujícím, dojde k vysunutí pístu v manipulačním válci a tím se čelisti dostanou nad lem kelímku. Poté se čelisti sevřou a obejmou tělo kelímku. Následuje zasunutí pístu ve válcí, a tím vytažení zaklíněného kelímku. Čelisti zůstanou v uzavřeném stavu a opět jsou připraveny na funkci dorazu.



Obr. 4.4.1 Vytahovač kelímků

- 1 – Čelisti; 2 – Plastový doraz; 3 – Chapadlový pohon; 4 -Upevňovací deska;  
5 – Pneumatický válec; 6 – Senzor; 7 - Šroubení



Pro vytahovač kelímků jsem použil dva druhy pneumatického pohonu. Jedná se o pneumatický válec a chapadlový pohon.

Pneumatický válec má typové označení DFM-20-20-P-A-GF. Jedná se o válec s kluzným vedením. Tento druh válce s vedením zabraňuje tomu, že dojde k natočení upínací desky. Upínací deska je vedena stále stejně i během zatížení momentovou silou. Zdvih pístu je 20 mm. Válec má na boku těla dvojici drážek typu T pro umístění senzorů. Připojení stlačeného vzduchu je přes škrťací šroubení. To je voleno pro možnost regulace rychlosti vysouvání a zasouvání.



*Obr. 4.4.2 Pneumatický válec s vedením*

Dalším pohonem je chapadlový pohon s označením DHWS-25-A. Jedná se o úhlový pohon, kdy se chapadlo rozevře až o úhel  $20^\circ$ . Počet cyklů je omezen na 3 cykly za sekundu. Připojení stlačeného vzduchu je rovněž řešeno pomocí škrťacího šroubení. Stejně jako většina pneumatických pohonů i chapadlový pohon má v těle drážku pro umístění senzoru.



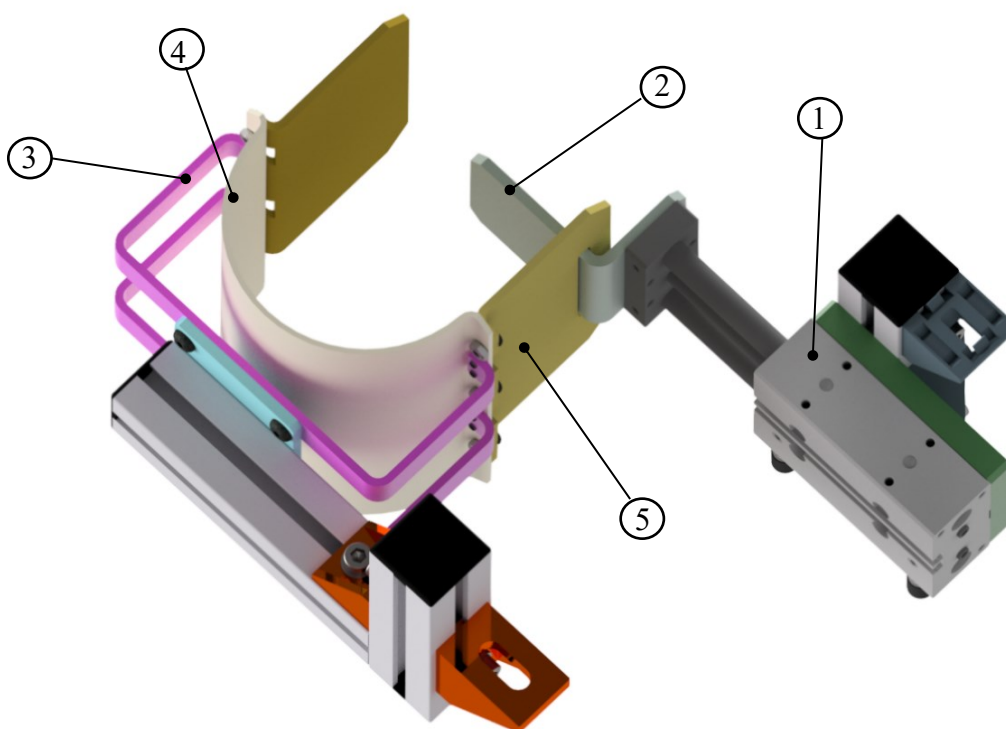
*Obr. 4.4.3 Chapadlový pohon*



## 4.5 Vedení kelímků

Vedení kelímků slouží pro správné umístění kelímků na dopravníkový pás. Po dopadení kelímku na pás dojde k jeho odražení a tím i změnu polohy těžiště. Poté docházelo k převržení kelímku. Bylo potřeba tomuto stavu zamezit a mít vždy ustavený kelímek ve správné poloze. Z toho důvodu jsem navrhnul vedení kelímků, které zamezuje převržení kelímku při dopadu na dopravníkový pás.

Před uvolnění kelímku dojde k zajetí dorazu, čímž se prostor, kam má spadnout kelímek zčásti uzavře. Jelikož nemá kelímek možnost se převrhnout, zůstane v požadované poloze, a to dnem kelímku orientován nahoru.



*Obr. 4.5.1 Vedení kelímků*

1 – Pneumatický válec; 2 – Doraz; 3 - Upevnění držáku; 4 – Vedení kelímku; 5 – Bočnice

I zde jsem použil pneumatický válec s vedením, pro zabránění natočení upínací desky. Pneumatický válec má označení DFM-12-50-P-A-GF což je opět jako u varianty vyhazovače válec s kluzným vedením. Píst ve válci má zdvih 50 mm a je osazen senzory pro snímání polohy pístu ve válci. Připojení stlačeného vzduchu je přes dvojici škrťacího šroubení.

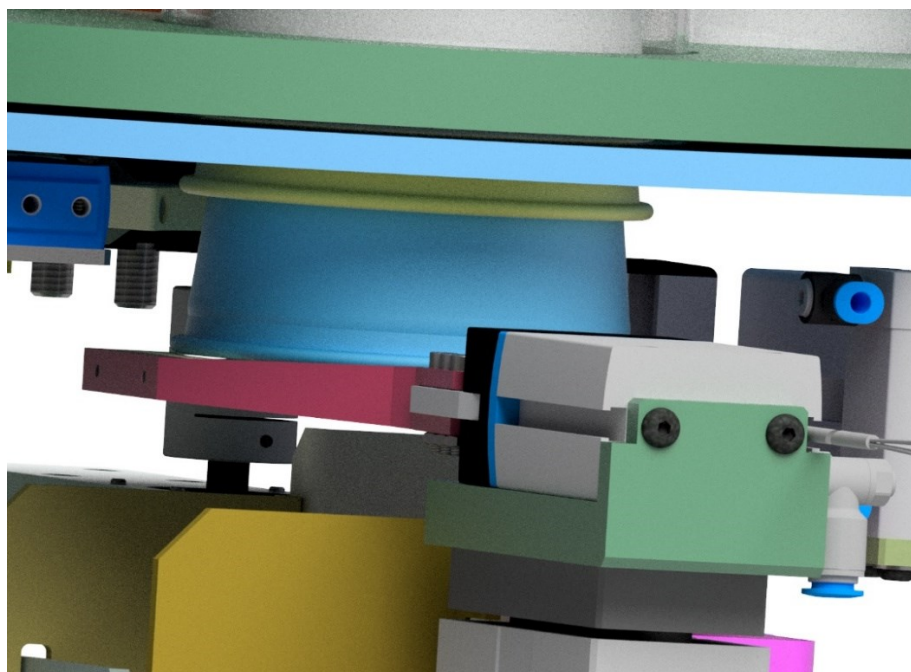
Na unášecí desku pístnice je připevněn doraz, který je vytvořen z plechu pomocí ohybu. Celé tělo vedení je rovněž vytvořeno z plechu za pomoci ohybu. Konstrukce vedení kelímků je šroubována pro jednodušší výrobu a upevnění ve stroji.

Ve vedení kelímku může být kelímek připraven, než bude pomocí pásu odvezen do požadované polohy. Může se tak zrychlit celý proces uvolňování kelímků a kelímky mohou být nachystány vždy v následujícím kroku.

## 4.6 Jednotlivé kroky kelímku při uvolňování ze zásobníku

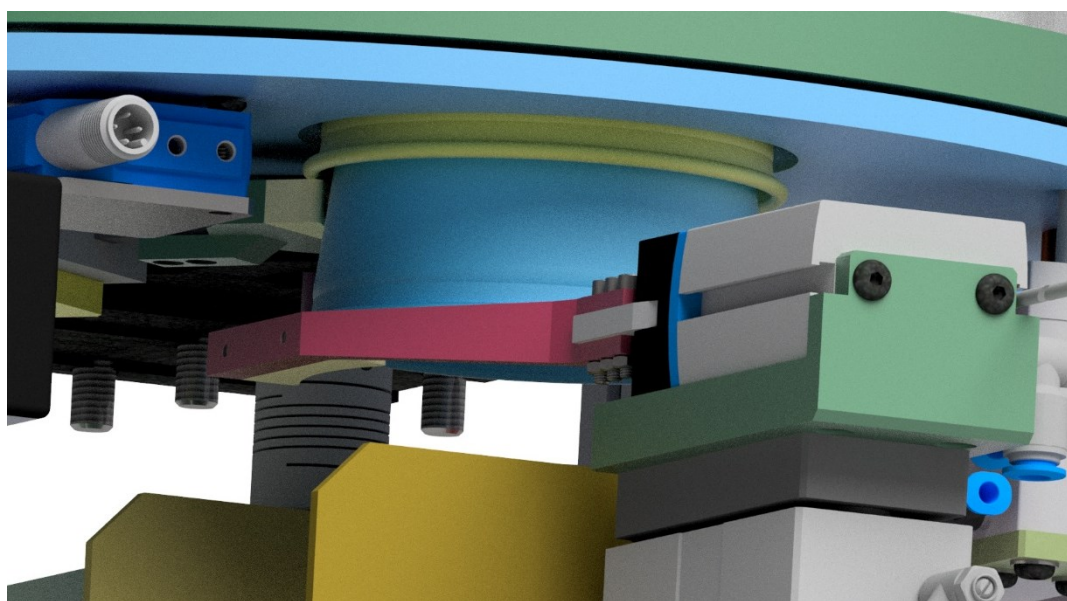
V této části práce jsou ukázány jednotlivé části cyklu, kdy dochází k uvolňování kelímku na dopravníkový pás.

Jako první dochází k uvolnění brzdy z předchozího cyklu a tím spadnutí následujícího kelímku na čelisti vytahovače, které jsou taktéž připraveny z předešlého cyklu.



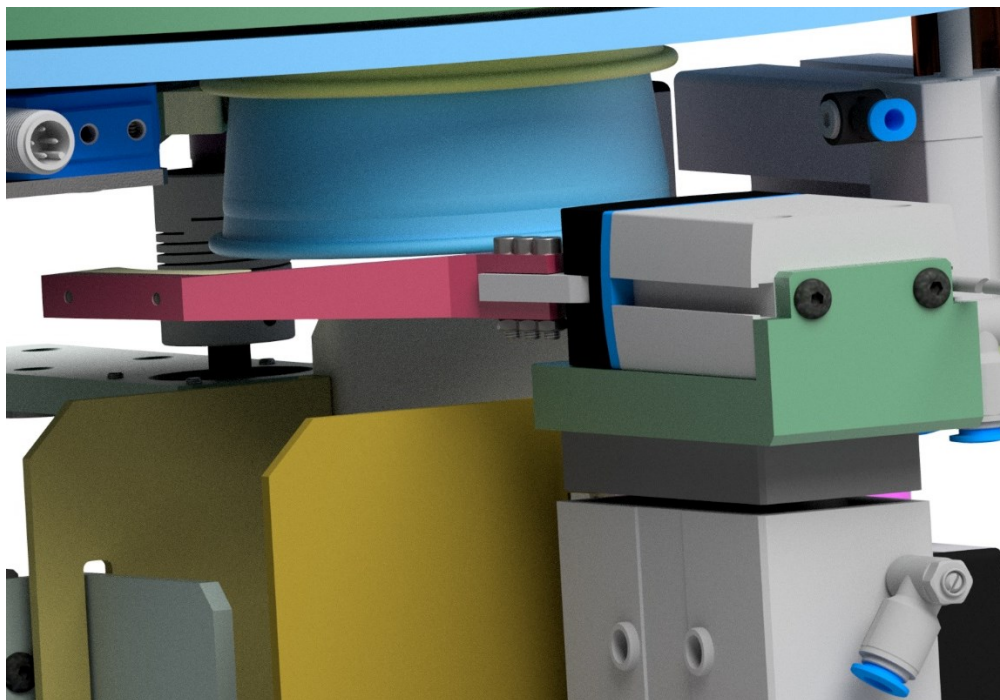
*Obr. 4.6.1 Pád kelímku na čelisti vytahovače*

Následuje vyjetí brzdy a zamezení tak posuvu následujícího kelímku.



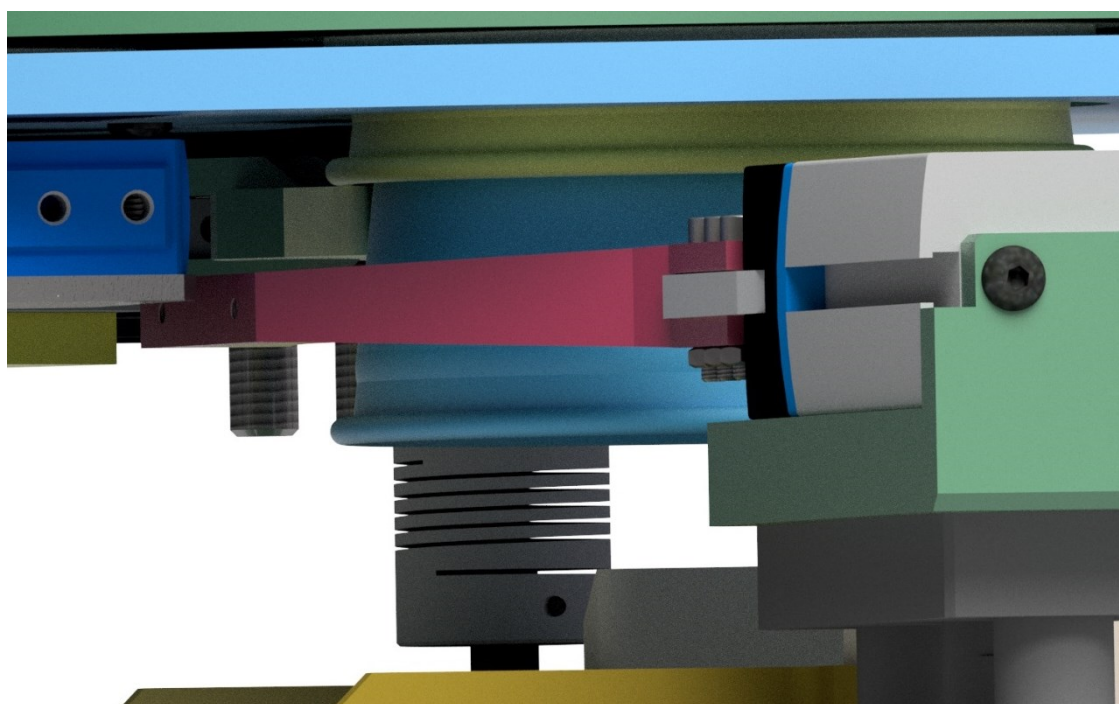
*Obr. 4.6.2 Vyjetí brzdy*

Poté, co dojde k zamezení pohybu horního kelímku, čelisti vyhazovače se otevřou a pokud spodní kelímek není v horním zaseklý, dojde k jeho pádu na pás.



*Obr. 4.6.3 Otevření čelistí vyhazovače*

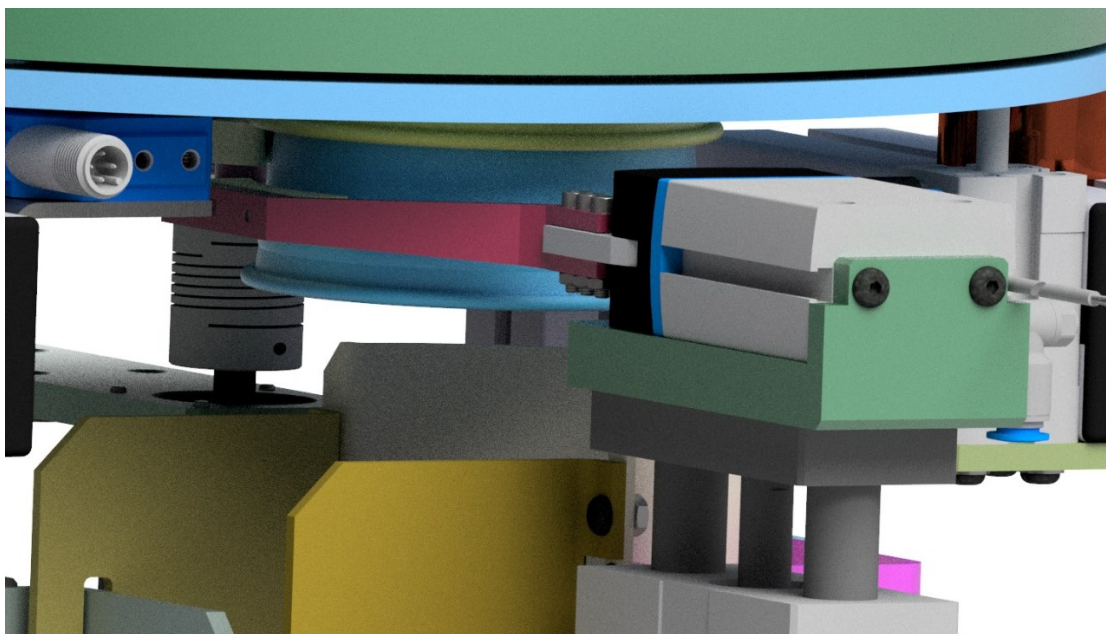
Nyní ovšem nastala varianta, kdy kelímek zůstal zaseklý v horním. Proto je třeba vysunout vyhazovač do horní polohy pro možnost uchopení kelímku za lem z druhé strany, aby bylo možné za kelímek zatáhnout.



*Obr. 4.6.4 Vyjetí vyhazovače do horní polohy*

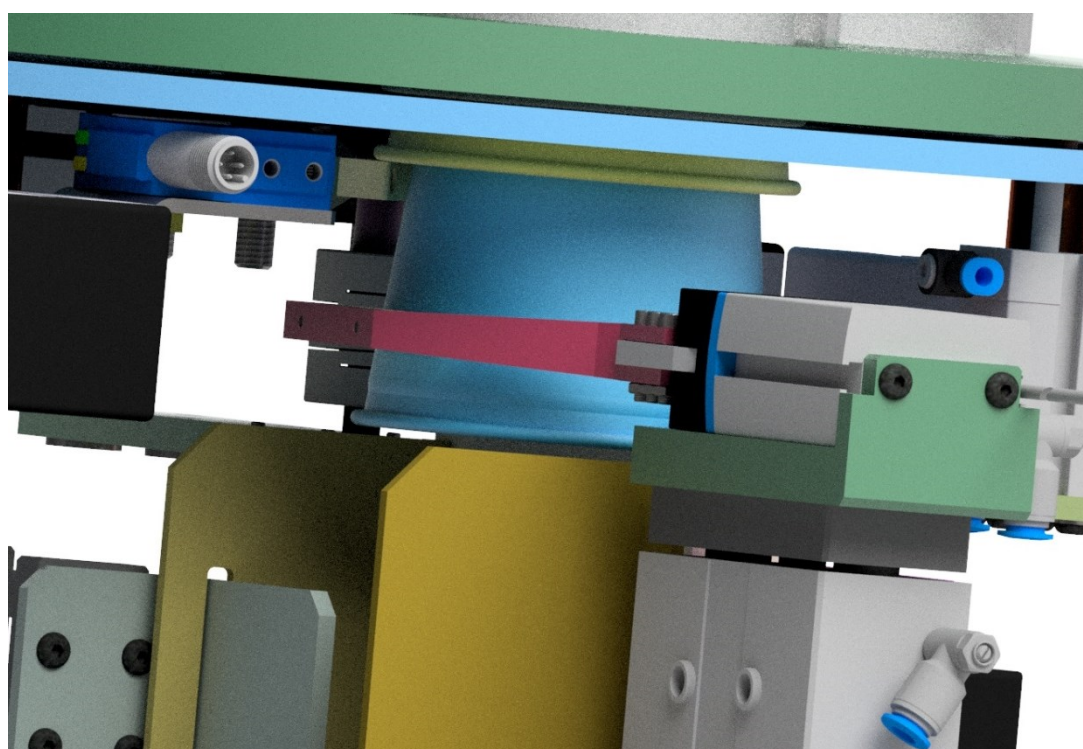


Po vyjetí pístu válce do horní polohy dojde k uchopení kelímku.



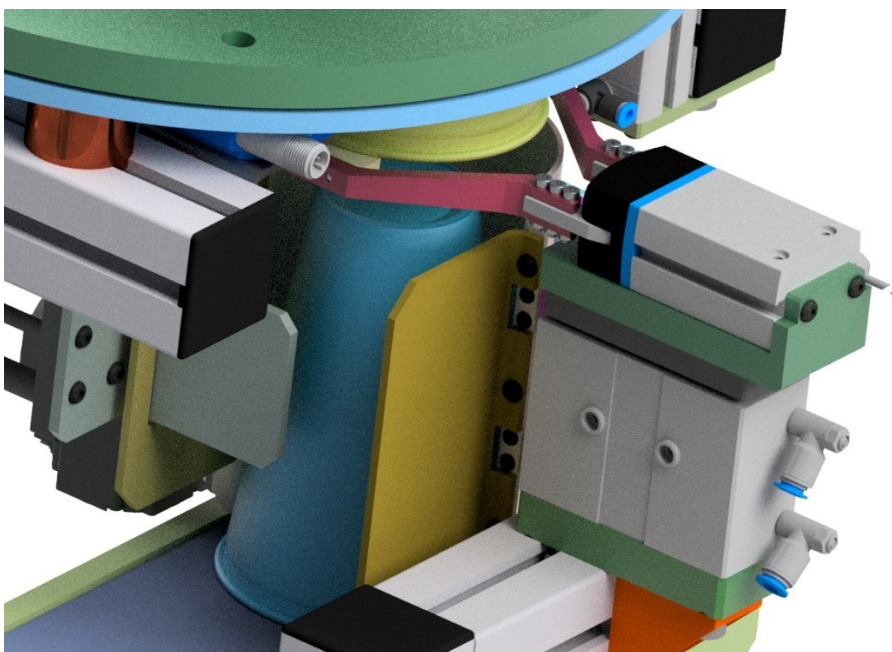
*Obr. 4.6.5 Sevření čelistí vyhazovače*

Nyní je již možné kelímku dát prvotní impuls tím, že dojde k posunutí pístu válce zpět do spodní polohy. Čelisti vyhazovače zůstávají i nadále sevřené.



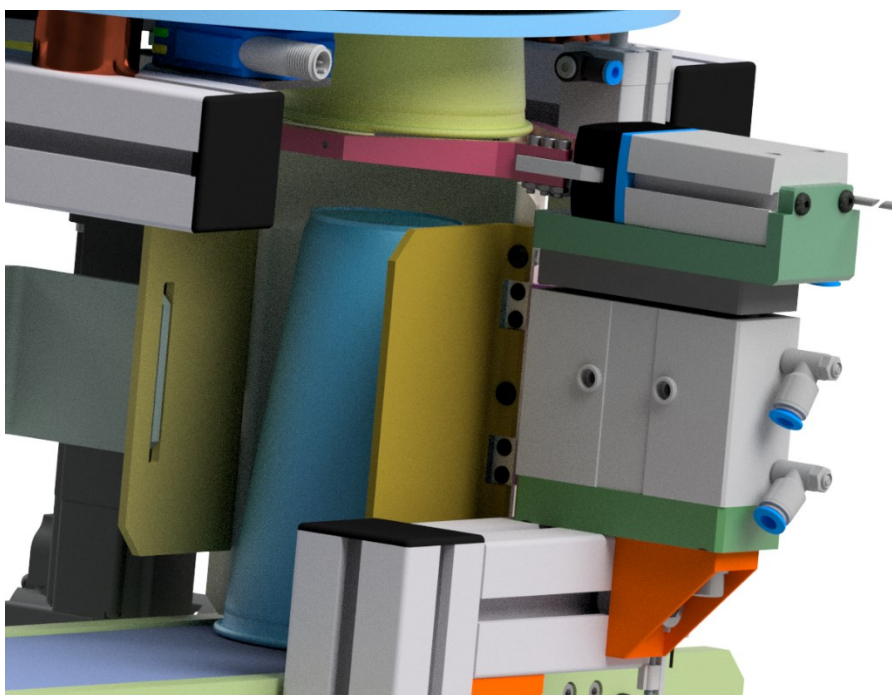
*Obr. 4.6.6 Vytažení kelímku*

Nyní je již kelímek ve vodícím stojanu, kde se dbá na jeho správně ustavení a zamezení překlopení. Doraz je zde vysunut. Tím je zamezeno, že se kelímek nepřevrhne a jednak, že kelímek nebude dál pokračovat po jedoucím pásu.



*Obr. 4.6.7 Dosednutí kelímku na pás*

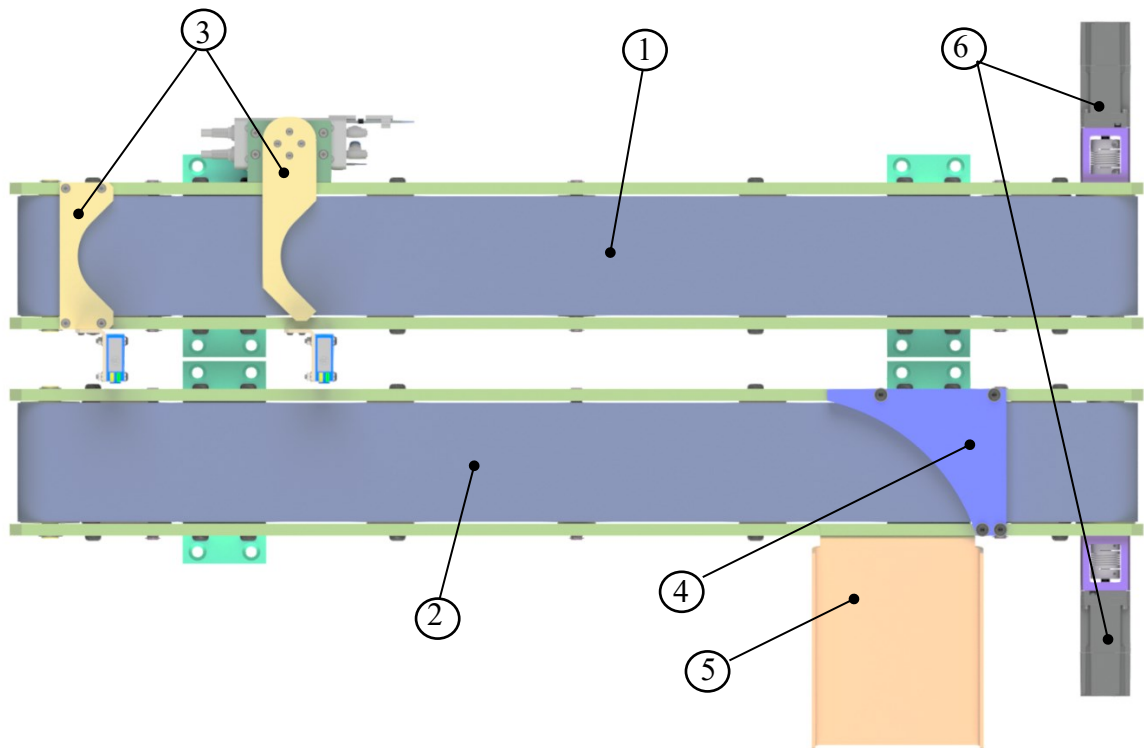
Jakmile je požadavek, aby kelímek putoval dále po pásu, doraz se zasune a kelímek může pokračovat k středící části dopravníku.



*Obr. 4.6.8 Uvolnění kelímku na pásu*

## 4.7 Dopravník

V manipulačním stroji jsem použil dva dopravníky. Jeden slouží pro dopravu kelímku od zásobníku pod manipulátor, a druhý odváží kelímky od manipulátoru ven z manipulačního stroje. V obou případech se jedná o stejný druh dopravníku. Liší se pouze drobnými modifikacemi pro konkrétní aplikaci.



*Obr. 4.7.1 Dopravníky*

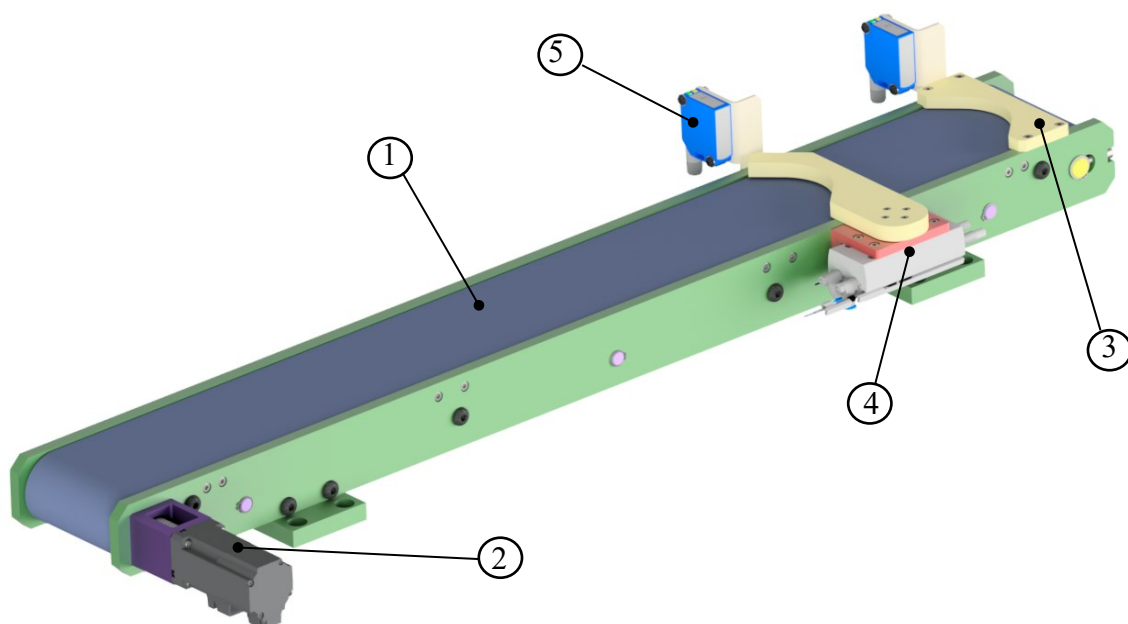
- 1 – Dopravník dopředný; 2 – Dopravník zpětný; 3 - Středění kelímků; 4 – Vyhazovač;  
5- Skluz; 6 – Servomotor s držákem;

Dopravník, který dopravuje kelímky směrem k manipulátoru má na svém konci dvojici středících zařízení. Středící zařízení umístěné na konci dopravníku je k rámu dopravníku připevněno nehybně, zatímco druhé středící zařízení má možnost výkyvu, a to o hodnotu 90°. Je to z důvodu, aby nejprve kelímeček dojel do koncové polohy prvního středění a až poté došlo ke středění na druhém zařízení. U prvního dopravníku je navíc ještě u každého středění přidán senzory pro snímání, zda se kelímeček nachází v koncové poloze.

Oba dopravníky jsou poháněny servomotorem o výkonu 50 W s typovým označením FRLS05205A4A. Jmenovité otáčky motoru jsou 3000 ot./min. Motor je napájen 220 V a je



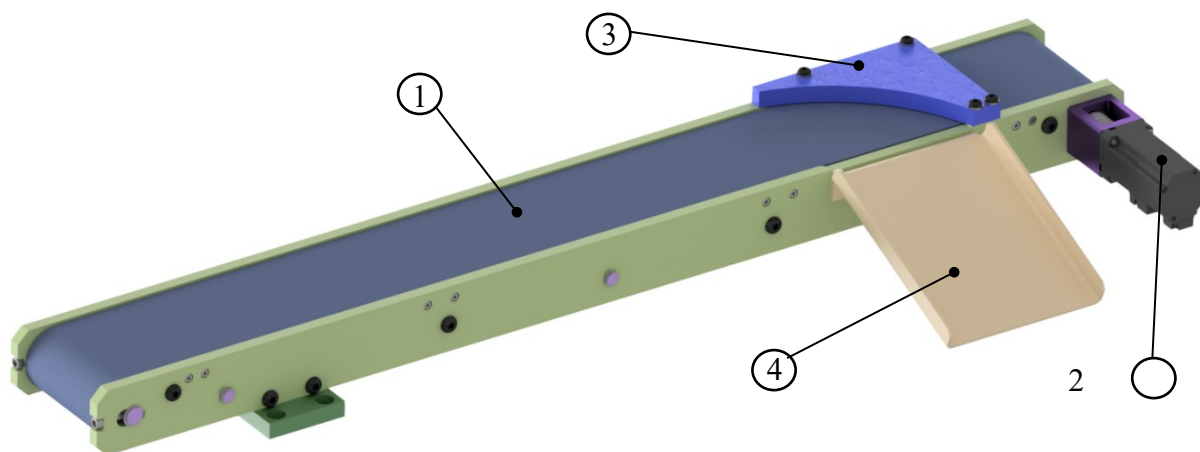
možné jej krátkodobě přetížit až trojnásobně. Spojení hnacího válce s motorem je pomocí pružné spojky. Motor je navíc připevněn k rámu přes distanční domeček, který zabezpečuje dostatek místa pro uložení pružné spojky mezi konce hřídele. [17]



*Obr. 4.7.2 Dopravník dopředný*

- 1- Dopravník; 2 – Pohon dopravníku; 3 – Pevné středění;  
4 – Pohyblivé středění; 5 – Laserový senzor

U zpětného dopravníku je umístěno vyhazovací vedení, které plní funkci vytlačování kelímků ven z pásu. Na bočnici dopravníku je vybrání pro snazší odvod kelímku ven z dopravníku. Na bok dopravníku jsem umístil skluz.

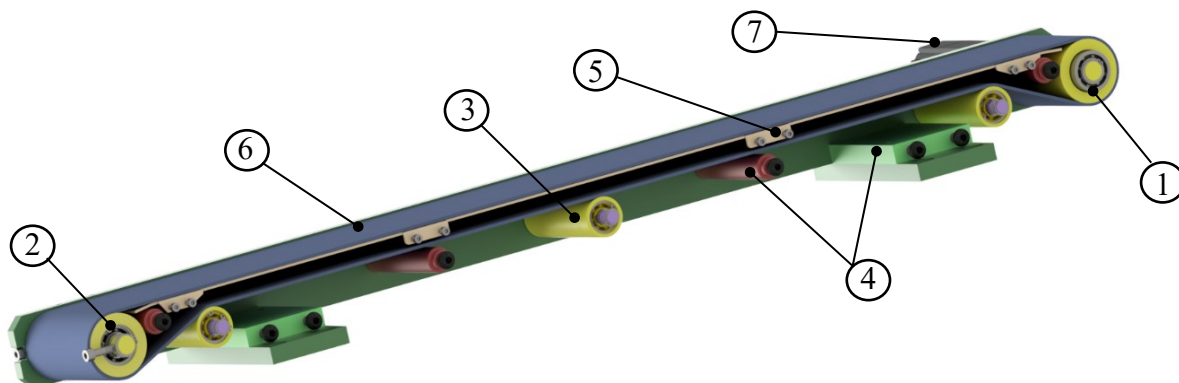


*Obr. 4.7.3 Dopravník zpětný*

- 1 – Dopravník; 2 – Pohon dopravníku; 3 – Vyhazovací vedení; 4 -Skluz



Dopravník se skládá z několika hlavních komponent a několika doplňkových. Hlavní komponenty jsou důležité pro chod stroje a jeho správné ustavení, zatímco doplňkové komponenty slouží pro přizpůsobení dopravníku jednotlivým aplikacím.



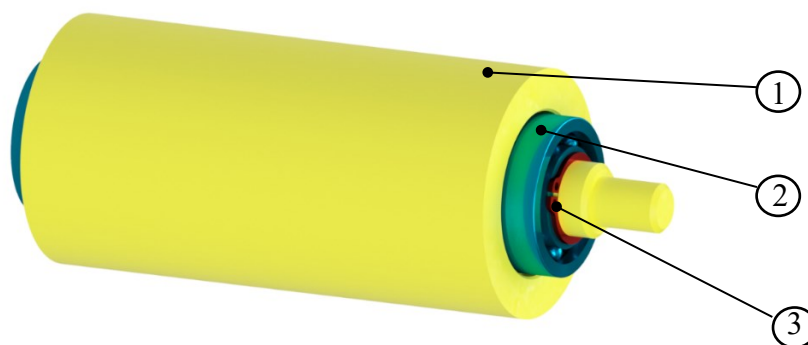
*Obr. 4.7.4 Části dopravníku*

1 – Hnací válec; 2 – Napínací válec; 3 - Vodící válec; 4 -Distanční a upínací prvky;  
5 – Kluzná deska; 6 – Dopravníkový pás; 7 - Servomotor

Mezi hlavní komponenty patří hnací a napínací válec, vodící válec, distanční prvky, upínací prvky, pohon dopravníku, dopravníkový pás a vedení dopravníkového pásu.

#### 4.7.1 Hnací válec

Hnací válec je navržen z jednoho dílu. Je uložen mezi dvojicí radiálních kuličkových ložisek, které jsou zajištěny pojistnými kroužky. Obvodová plocha, která je v kontaktu s pásem má pogumovaný povrch pro zvýšení tření a zmenšení tak možnosti prokluzu pásu na válci. Průměr válce je zvolen 50 mm a délka válce je přizpůsobena použití dopravníkového pásu šířky 100 mm.



*Obr. 4.7.1.1 Hnací válec*

1 – Hnací válec; 2 – Ložisko; 3 – Pojistňovací kroužek

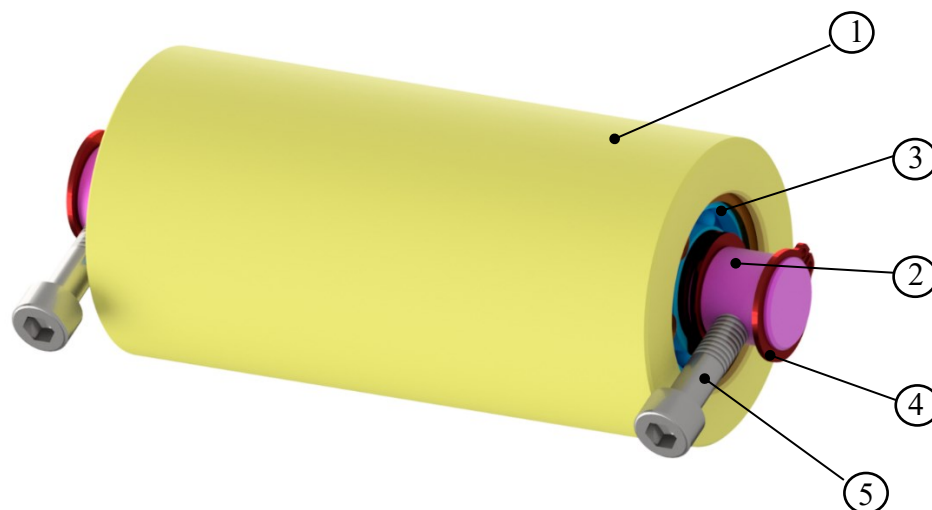
#### 4.7.2 Napínací válec

Napínací válec slouží pro napínání dopravníkového pásu. Během provozu, kdy je pás zatěžován, dojde k jeho nepatrnému postupnému prodlužování. Kdyby nedošlo k jeho napínání, mezi hnacím válcem a dopravníkem by docházelo k prokluzu a tím nepravidelnému chodu pásu.

Napínací válec je složen z několika komponent. Válec je uložen na hřídeli, která je umístěna v bočnici dopravníku. Aby docházelo k otáčení hřídele, je válec uložen na dvojici kuličkových radiálních ložisek a pohyb do stran zamezen pojistnými kroužky.

Pro napínání je v hřídeli na každé straně vytvořena díra se závitem pro umístění napínacího šroubu. Napínání se provádí otáčením šroubu a tím posunováním hřídele v drážce, která je vytvořena v bočnici dopravníku.

Pomocí napínacího válce se nemusí docílit jen napínání dopravníku, ale i správnému nastavení vedení dopravníkového pásu.



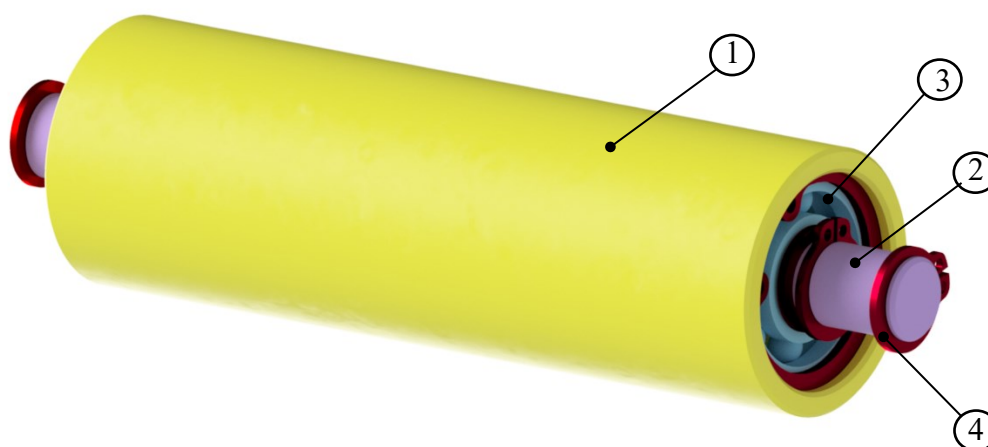
*Obr. 4.7.2.1 Napínací válec*

1 – Válec; 2 - Hřídel válce; 3 – Ložisko; 4 -Pojistný kroužek; 5 - Napínací šroub

#### 4.7.3 Vodící válec

Vodící válec vede pás ve zpětné větvi. Ve zpětné větvi by docházelo k průhybu pásu, a tak je pás na několika místech podepřen. Navíc v blízkosti válců at' už hnaného nebo napínacího je vodící válec použit pro zvětšení plochy, kterou obepíná pás a tím zmenšení pravděpodobností, že nenastane prokluz pásu na hnaném válci.

Vodící válec je tvořen z několika součástí. tím hlavní je samotný válec. Jelikož je třeba, aby se válec otáčel a nedocházelo k tření pásu po vodícím válci, je válec rotační. To znamená, že je válec na hřídeli uložen na dvojici ložisek, které jsou zajištěny pojistnými kroužky. Hřídel válce jsem uložil do rámu dopravníku a zajištil pojistnými kroužky. Válec se tak může pouze otáčet kolem osy a pohyb do stran je omezen.



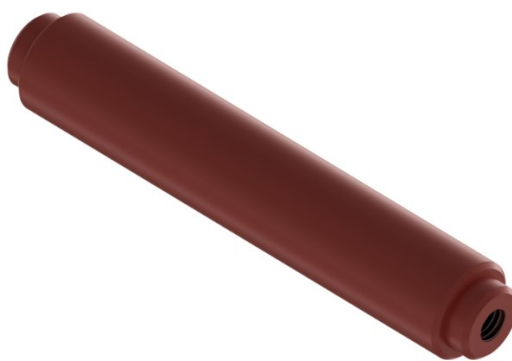
*Obr. 4.7.3.1 Vodící válec*

1- Válec; 2 – Hřídel válce; 3 – Ložisko; 4 – Pojistné kroužky

#### 4.7.4 Distanční prvky

Jako distanční prvky jsem použil dva druhy, a to distanční válec a upínací deska. Distanční válec je vložen do rámu a pevně přichycen šroubem z venkovní strany. Zde nedochází již k otáčení válce, ale pouze udržení správné vzdálenosti mezi jednotlivými bočnicemi dopravníku.

Upínací destička se nachází ve spodní části dopravníku a slouží pro přišroubování dopravníku k rámu stroje. Zároveň slouží i jako distanční prvek.

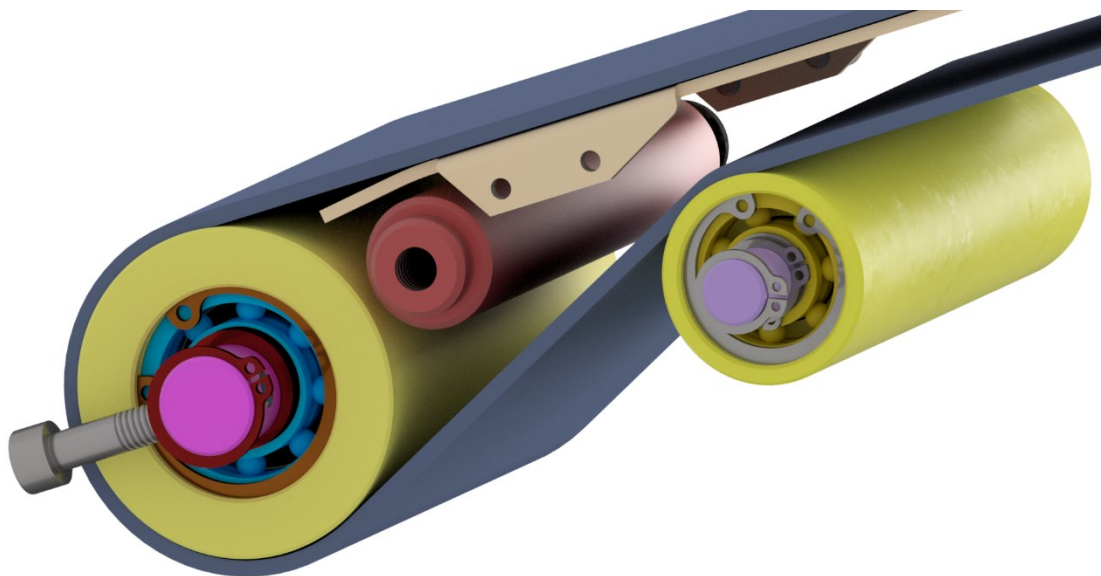


*Obr. 4.7.4.1 Distanční válec*

#### **4.7.5 Vedení pásu**

U dopravníkového pásu během přepravy součásti vzniká průhyb. Existuje několik variant dopravníků podle toho, jaký druh materiálu je potřeba převést. U některých je požadováno, aby vznikl průhyb pásu ve svém středu a tím se zlepšili vlastnosti pro přepravovaný materiál. U některých variant je naopak nežádoucí, aby k průhybům docházelo. Proto je pod pásem umístěna plechová deska, která určuje tvar pásu. Pro přepravu kelímků je třeba, aby tato plocha byla rovná. Tím se docílí, že kelímek bude celým svým obvodem hrdla sedět na dopravníku.

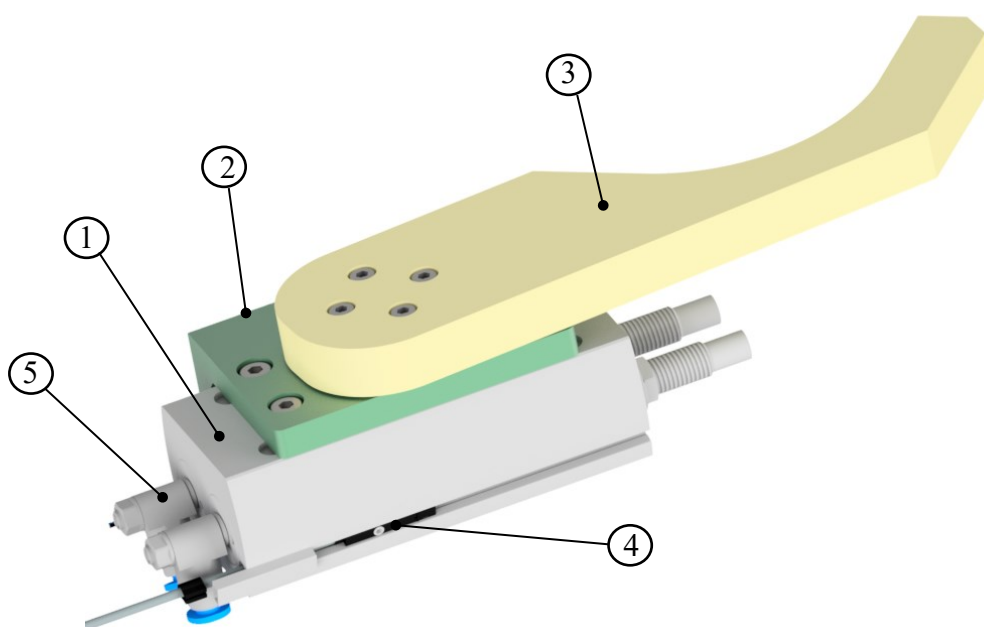
Na začátku a na konci plechového vedení je drobné zešíkmení. Toto zešíkmení je pro zamezení značného opotřebování dopravníkového pásu a jeho znehodnocování.



*Obr. 4.7.5.1 Vedení pásu*

#### 4.7.6 Středící zařízení

U druhého středění je třeba, aby bylo možno jeho vychýlení a tím odstranění středění z místa nad pásem pro průchod kelímku až do druhé středící pozice. Pokud by k tomu nedocházelo, středilo by se pouze na jedno místo a nedošlo by tak ke správnému přichystání kelímků před manipulací.



*Obr. 4.7.6.1 Pohyblivé středění*

1 – Kyvný pohon; 2 – Držák pohonu; 3 – Středící rameno; 4 – Senzory; 5 – Šroubení

Středící zařízení je připevněno na boční straně dopravníku. Jako pohon je zde použit kyvný pneumatický motor DRRD-12-180-FH-Y9A od firmy Festo. Tento pohon má sice výkyv až 200°, nicméně je možné jeho pracovní rozsah omezit pouze na požadovaný výkyv a to 90°. Připojení stlačeného vzduchu je zde přes škrťací ventily, kdy lze regulovat průtok vzduchu a tím zpomalit případný výkyv pohonu. [16]

#### 4.7.7 Dopravníkový pás

Jako dopravníkový pás jsem zvolil pás od firmy Gumex s označením P9-Z v šířce pásu 100 mm. Tento pás je vhodný přepravu potravinářských výrobků, ale i ovoce a zeleniny.

Jeho použití je vhodné pro provoz na válečcích, ale také i na kluzné desce. Má malé prodloužení při zatížení. Jeho dobrou vlastností je odolnost proti minerálním olejům a tukům, stejně tak jako antistatické vlastnosti. [11]

Pás se vyrábí v tloušťce 1,5 mm, a to pouze v bílé barvě. Nicméně je třeba dodržet minimální průměr dopravníkového válce což je 6 mm. [11]

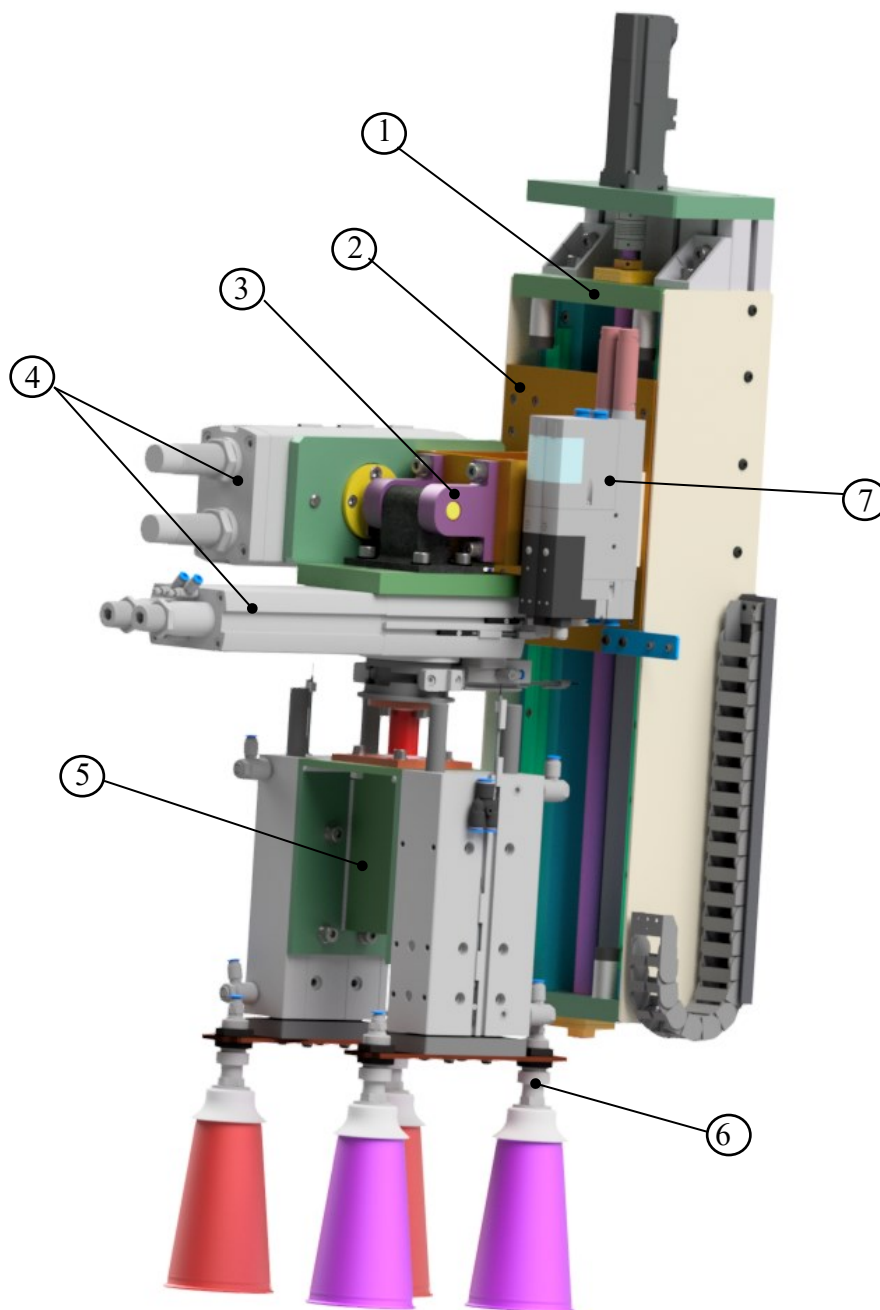
Pro dopravník kelímků je použit hnací a napínací válec průměru 50 mm, čímž tato podmínka na minimální průměr válce splněna.



*Obr. 4.7.7 Dopravníkový pás [11]*

## 4.8 Manipulátor

Poslední částí a zároveň tou nejdůležitější je manipulátor. Jak již bylo řečeno, manipulátor manipuluje s kelímký, kdy odebírá nové kelímký z dopravníkového pásu a zakládá je na karusel tiskového stroje. Během této operace dochází k několika na sebe navazujícím pohybům celé konstrukce.



*Obr. 4.8.1 Manipulátor*

- 1 – Lineární osa; 2 – Jezdec lineární osy; 3 – Výkyvný kloub; 4 – Kyvný pohon;  
5 – Rameno manipulátoru; 6 – Uchopovací část; 7 – Zdroj podtlaku

Manipulátor se skládá z několika dílů, kdy až celkové složení do sestavy dává možnost správnému fungování části stroje. Na konstrukci manipulátoru bylo potřeba použít lineární osu pro zajištění správné výšky jak pro uchycení, tak pro založení kelímků na karusel. Na to navazuje kloub, který umožňuje vychýlení ramena manipulátoru. Vychýlení se provádí pouze ze svislé do vodorovné polohy a naopak.

Kelímky jsou uchopeny a po vychýlení ramena se nacházejí ve svislé poloze a není možné je založit na karusel. Musí dojít k vychýlení kelímků a tím i celé části ramena ze svislého do vodorovného směru. Proto je zde pohon, který zajistí natočení celé uchopovací části do vodorovné polohy a tím i možnost správného založení kelímku do karuselu tiskového stroje. Poté co dojde k odebrání a založení kelímků, manipulátor se vrátí do své výchozí pozice.

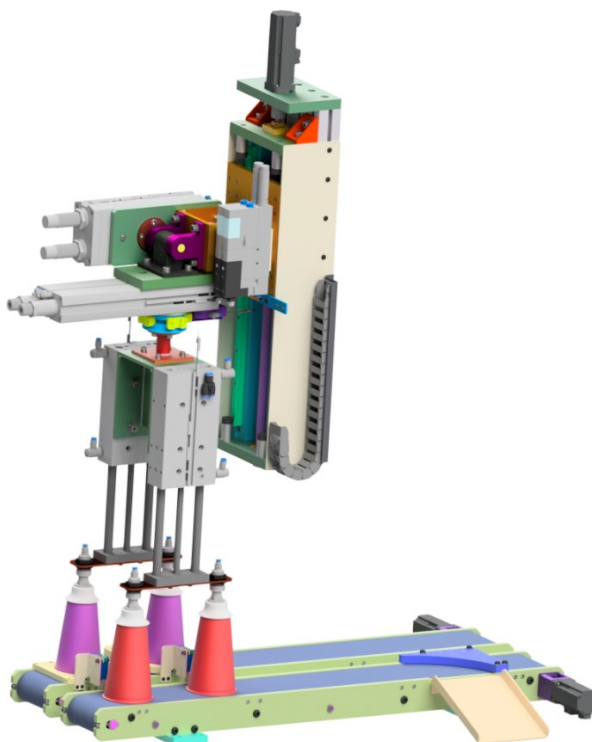


### 4.8.1 Jednotlivé operace manipulátoru

V této části jsou ukázány jednotlivé kroky, které musí udělat manipulátor během přepravy kelímku z pásu na karusel tiskového stroje a zase zpátky. Pro lepší přehlednost jednotlivých kroků je odstraněn rám stroje, který by zakrýval jednotlivé části.

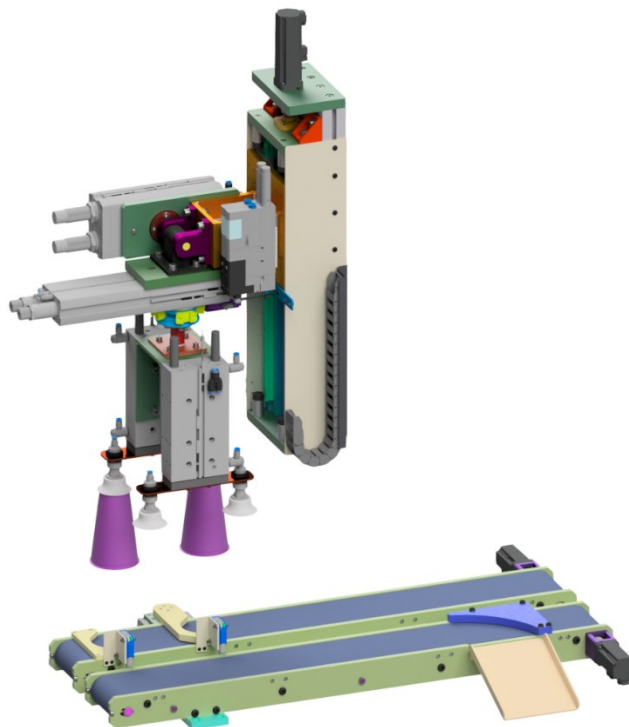
Během předchozích operací došlo k vystředění kelímku na své pozici. Následuje vystoupení jezdce lineární osy do horní polohy. Poté, co je jezdec v horní poloze dojde k vysunutí pístnice pneumatického válce s přísavkami a přisátí nových kelímku k přísavkám.

Na druhé větvi dojde k umístění kelímku na dopravník a vypnutí zdroje vákua pro uvolnění kelímku z přísavky.



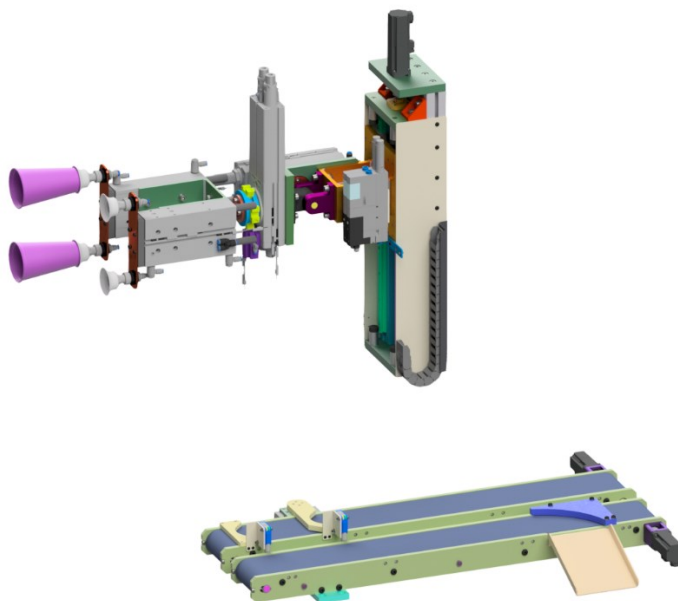
*Obr. 4.8.1.1 Přisátí kelímku*

V dalším kroku následuje zajetí pístnic zpět do pneumatického válce.



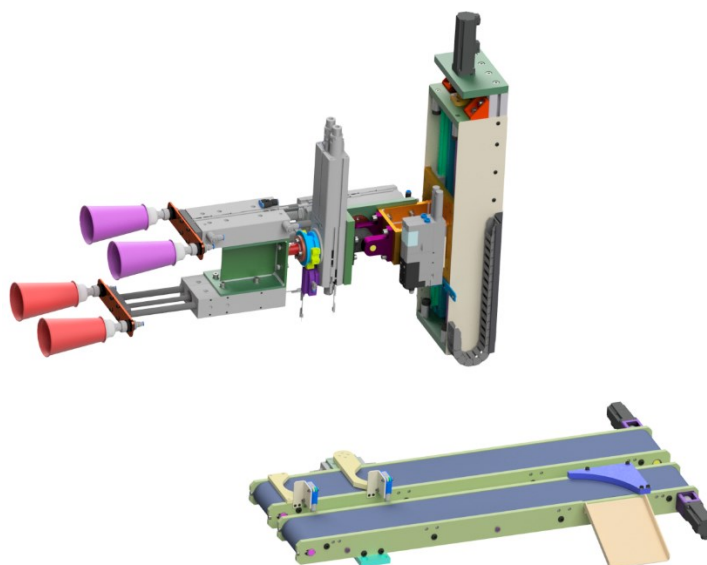
*Obr. 4.8.1.2 Zajetí pístnice s novými kelímky*

Poté je třeba se přemístit rameno manipulátoru do horizontální polohy. K tomu slouží kyvný pohon, který má výkyv omezen na  $90^\circ$ .



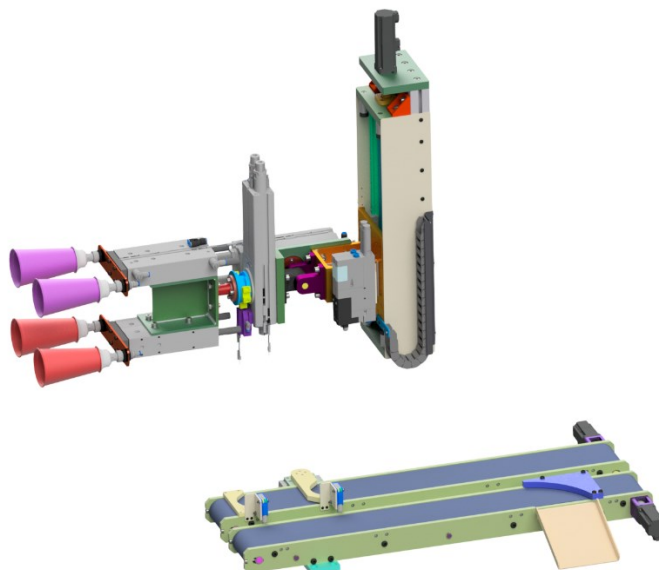
*Obr. 4.8.1.3 Nastavení horizontální polohy manipulátoru*

Po ustavení do horizontální polohy dojde k rotaci ramene. Je to potřeba aby kelímky byly orientovány v horizontální poloze a bylo tak možné je zasunout na karusel. Lineární osa se přemístí do požadované výšky pro odebrání kelímků z karuselu. Poté dojde k vysunutí pístnice bez kelímků a přísátí již potišťených kelímků.



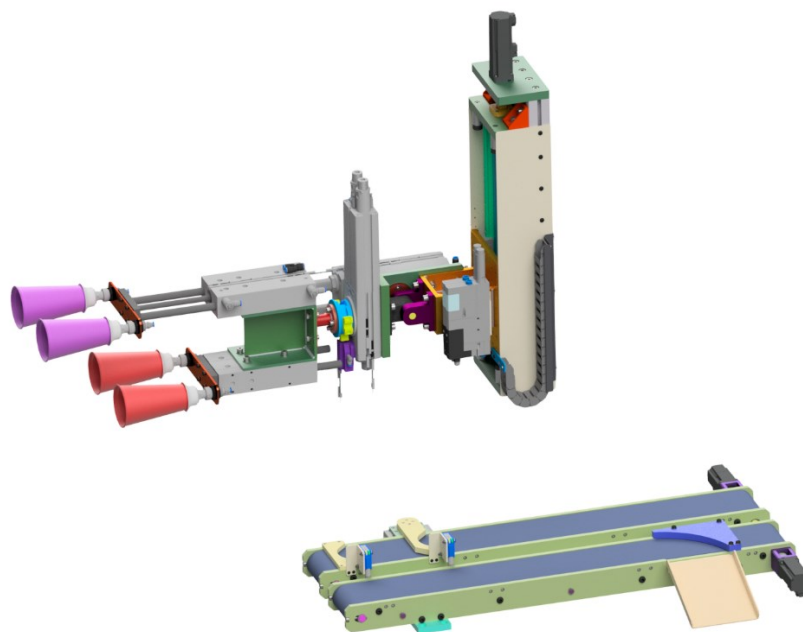
*Obr. 4.8.1.4 Rotace ramene manipulátoru*

Následuje zasunutí pístnice s potišťenými kelímky a přemístění lineární osy do dolní pozice, aby mohlo dojít k založení nové dvojice kelímků do stroje.



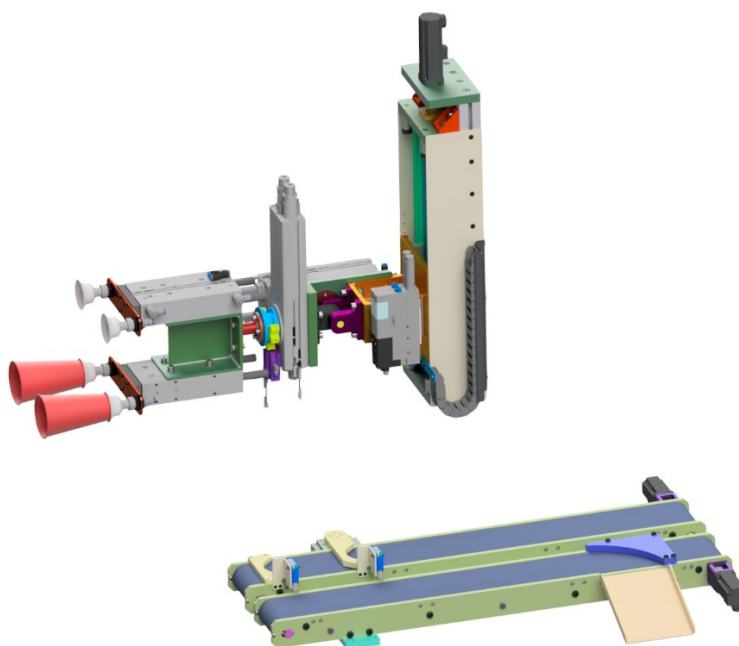
*Obr. 4.8.1.5 Odebrání kelímku z karuselu*

K založení kelímků je potřeba vysunout pístnici válce s novými kelímký. Ty jsou následně založeny na karusel a poté, co dojde k přichycení na karusel dojde k vypnutí ejektoru vakuu, čímž dojde k upuštění kelímku.



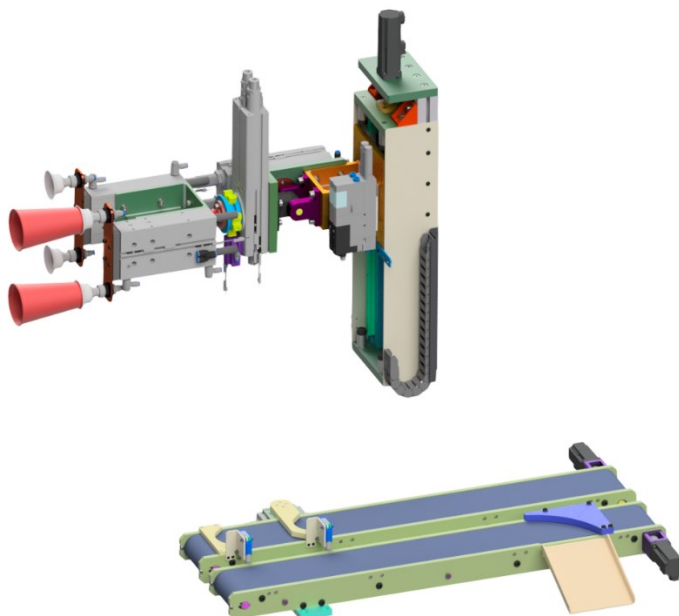
*Obr. 4.8.1.6 Založení nového kelímku.*

Následuje opět zasunutí pístnice do válce.



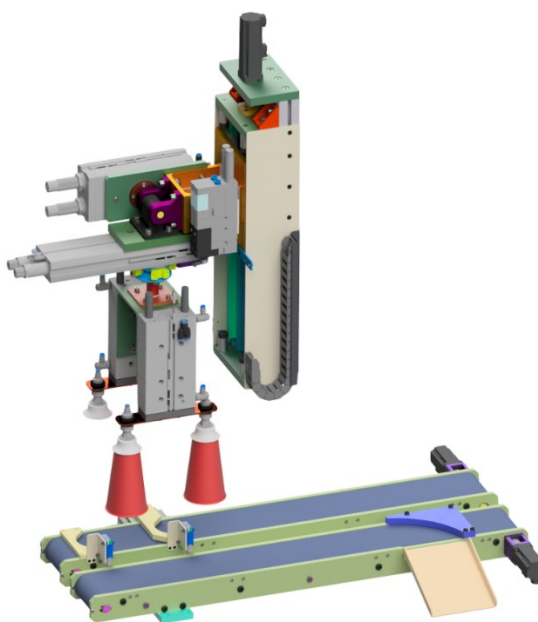
*Obr. 4.8.1.7 Zasunutí pístnice*

Nyní je potřeba se postupně vracet do výchozí polohy. Poté co jsou pístnice zasunuté dojde opět k rotaci ramene do svislé polohy, která je potřebná po odložení hotových kelímků a uchopení nových. Jezdec lineární osy vyjede do horní polohy.



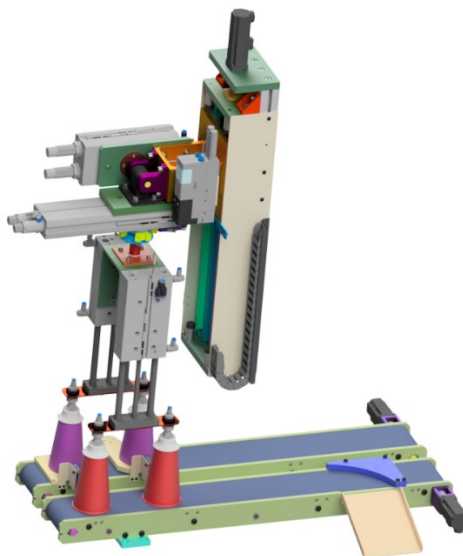
*Obr. 4.1.8.8 Zpětná rotace ramene manipulátoru*

Pro vyložení hotových kelímků je stejně důležitá jako rotace ramena i výkyv celého ramena zpět do svislé polohy.



*Obr. 4.8.1.9 Vracení do svislé polohy*

Poté, co je rameno ustaveno do svislé polohy, dojde k vysunutí pístnic obou válců, kdy na jedné straně dojde k vypnutí ejektoru vákua a upuštění kelímků na dopravní pás. Na druhém rameni ovšem dojde k dosednutí přísavek na hranu kelímku, zapnutí zdroje vákua a přisátí kelímku. Poté se celý cyklus manipulace opakuje.



*Obr. 4.1.8.10 Položení kelímků a odebrání nových*

Některé zde popsané pohyby je možno dělat souběžně s jinými pohyby, nebo začít jejich pohyb s určitým zpožděním. Tím se docílí urychlení návaznosti jednotlivých kroků, ale hlavně zmenšení potřebné doby pro manipulaci.

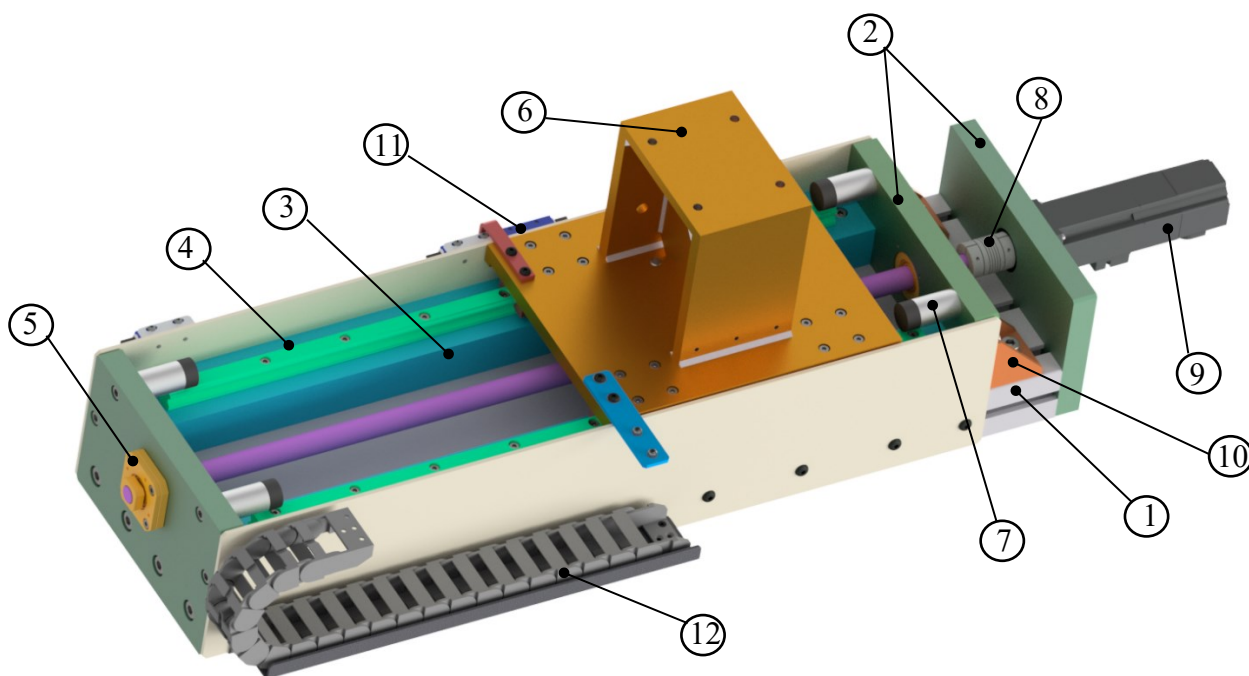
## 4.9 Představení jednotlivých částí manipulátoru

Samotný manipulátor je pomyslně rozdělen na 3 části, kdy každá z částí má jinou náplň práce. Jedná se o rozdělení jen pro jednodušší popis celého zařízení.

### 4.9.1 Lineární osa

Lineární osa je zařízení, které je pevně uchyceno na rám stroje. Zabezpečuje ustavení ramene manipulátoru ve správné výšce pro založení a odebrání kelímků. Pro velké rychlosti, kdy dochází k přestavení pozice během několika málo okamžiků je třeba, aby byla osa správně navržena. Je třeba dosáhnout co největší tuhosti celého zařízení pro dosažení přesnosti polohování.

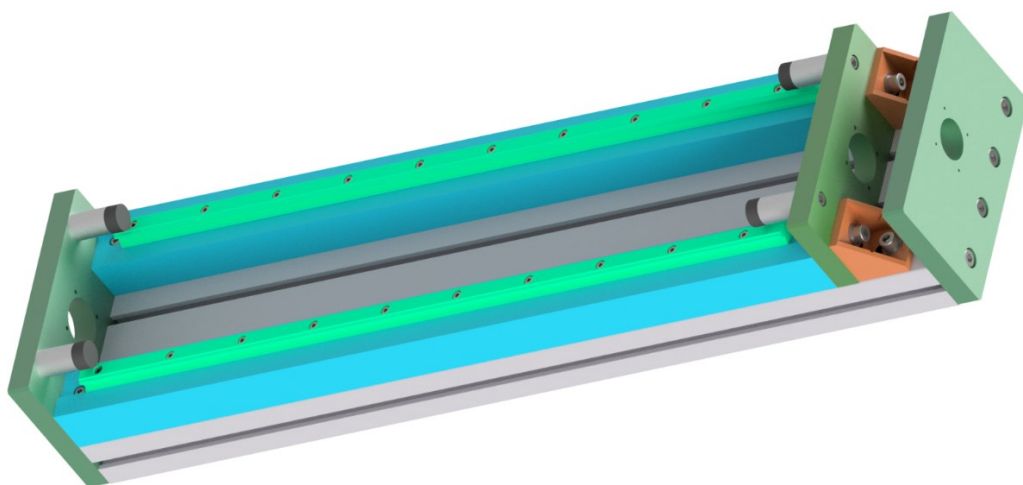
Lineární osu lze zakoupit od nejrůznějších výrobců již hotovou a jen si ji namontovat do zařízení. Nicméně pro účely manipulátoru tiskového stroje byla tato osa navržena.



Obr. 4.9.1.1 Lineární osa

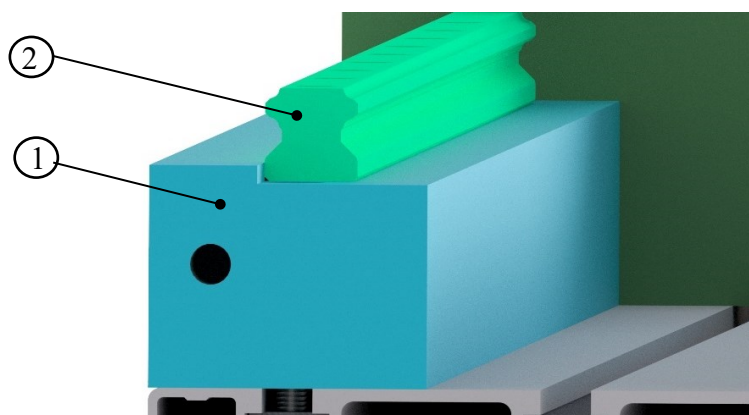
1 – Nosná část; 2 – Příruby; 3 – Podložky; 4 – Lineární vedení; 5 – Kuličková šroub s uložením; 6 – Jezdec; 7 – Dorazy; 8 – Pružná spojka; 9 – Servomotor; 10 – Úhlová spojka; 11 – Senzory; 12 – Vedení energetického řetězu a energetický řetěz

Jako nosná část jsem použil hliníkový profil jako je tomu u rámu stroje. Zde je ovšem použita varianta 180 x 45 mm se stejnou drážkou jako v předchozích případech a to 8 mm. Výhodou této varianty rámu je jeho univerzálnost, kdy je možné docílit snadno libovolných rozměrů délky osy. Povrch profilu nemusí mít dostatečnou geometrickou přesnost, proto je na něj nutné umístit podložku. Ta vyrovná nepřesnosti profilu a vytvoří tak nové dosedací plochy pro umístění kolejnic lineárního vedení. Dále podložka určuje vzdálenost pro uložení kuličkového šroubu vedení. Podložky jsou k profilu připevněny pomocí šroubů a matic, kdy jsou použity matice s pružinou určené do profilů.



Obr. 4.9.1.2 Nosná část lineární osy

Na podložky jsem umístil lineární vedení od společnosti HIWIN. To je pomocí šroubů pevně připojeno k podložkám. Podložky mají na bočních stranách osazení pro lepší fixaci kolejnice lineárního vedení. Toto osazení doporučuje i výrobce lineárního vedení.



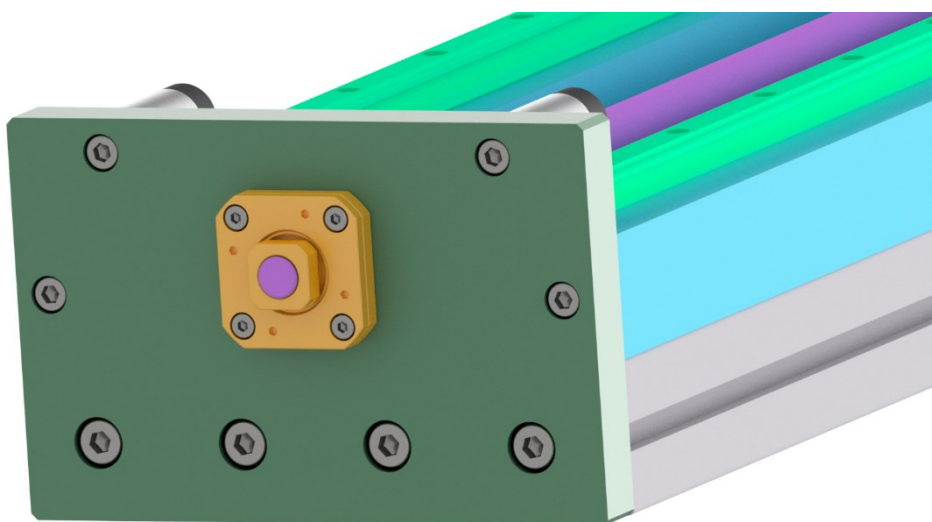
Obr. 4.9.1.3 Osazení podložky

1 – Podložka; 2 -Kolejnice lineárního vedení



Na začátku a na konci jsou umístěny příruby. Ty slouží jednak pro uložení kuličkového šroubu a jednak pro uložení motoru. Příruby jsou pevně připevněny k profilu za pomoci několika šroubových spojů. Příruby, které obsahují domeček pro kuličkový šroub jsou navíc připevněny k podložkám. K přírubám jsou připevněny dorazy.

V přírubách je vytvořena díra pro uložení přírubového ložiskového domečku. Okolo díry jsou vytvořeny závitové díry pro připevnění domečku k přírubě.



*Obr. 4.9.1.4 Uložení přírubového ložiskového domečku*

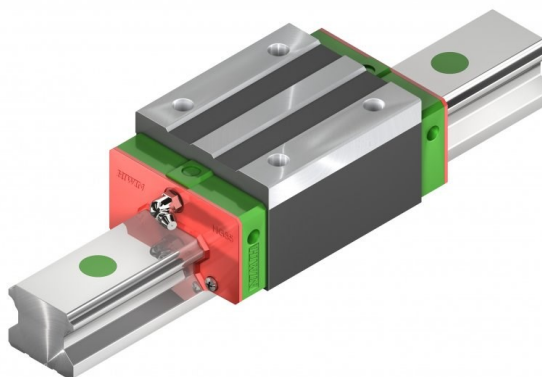
Kuličkový šroub pro lineární osu je zvolen jako válcovaný, což je nejběžněji používaný druh kuličkového šroubu. Vyrábí se v průměrech od 12 do 63 mm s nejrůznějším stoupáním závitu. Zvolil jsem použití kuličkového šroubu průměru 16 mm se stoupáním 5 mm. Výrobce navíc nabízí i opracování konců šroubů. To se volí podle uložení šroubu v rámu. Dále je třeba zvolit vhodnou matici, která bude zabezpečovat pohyb. Výrobce udává několik druhů matic, nicméně pro tuto variantu byla zvolena jednoduchá přírubová matice s označením R16-05T3-FSIDIN od firmy Hiwin. Dále je třeba uložit matici pro přenos síly. K tomu slouží maticové domečky. Spojení kuličkové matice a domečku je pomocí několika šroubů.

Přírubové ložisko se volí podle druhu uložení kuličkového šroubu, kdy je možné volit uložení šroubu v ložisku buď pevné, nebo volné. Pro lepší tuhost šroubu jsem zvolil variantu uložení pevné na osou stranách šroubu. Velikost přírubového domečku jsem volil podle velikosti kuličkového šroubu a podle opracování konců. Jako nejvhodnější byl zvolen přírubový domeček FK-12, které vyžaduje opracování konců F2F-12.



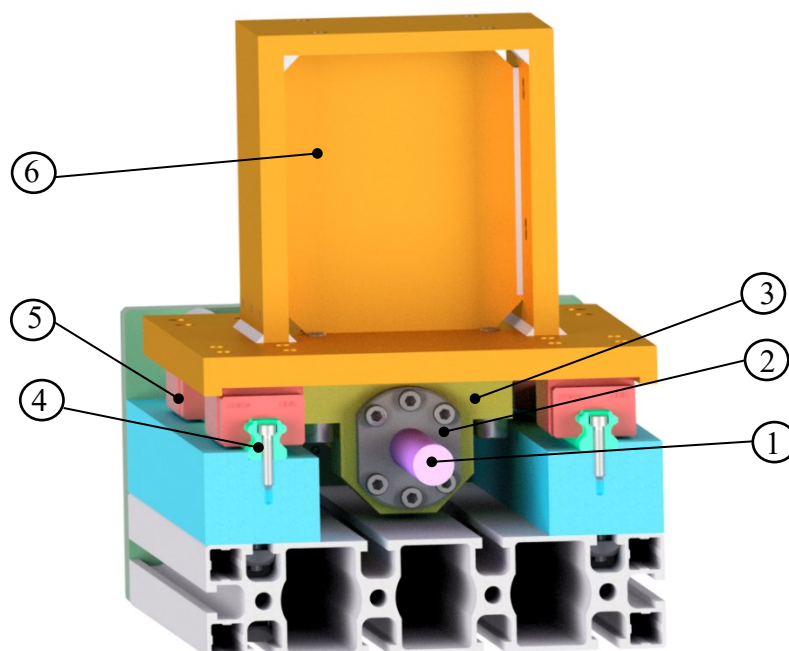
*Obr. 4.9.1.5 Kuličkový šroub s maticí a upínací kostkou [12]*

Dalším důležitým prvkem, o kterém již byla zmíněno je kolejnicové vedení. Vedení zajišťuje přesný lineární pohyb, kdy dochází k minimalizaci třeba mezi povrchy a může se tak dosahovat velkých rychlostí pohybu. Je proto vybrat vhodný vozík a podle toho je vybrán i druh kolejničky. Zvolil jsem použití kuličkového vedení s použitím řady vozíku HG/QH a to konkrétněji použití vozíku HGH. Je třeba vždy vědět, k jakému bude docházet zatížení vozíku a podle toho vybrat vhodnou velikost. Jelikož zde ale nebude docházet k příliš velkému zatížení, zvolil jsem variantu vozíku HGH-15A, k čemuž náleží kolejničky HGH-R. Výrobce je opět společnost HIWIN.



*Obr. 4.9.1.6 Lineární vozík s kolejničí [13]*

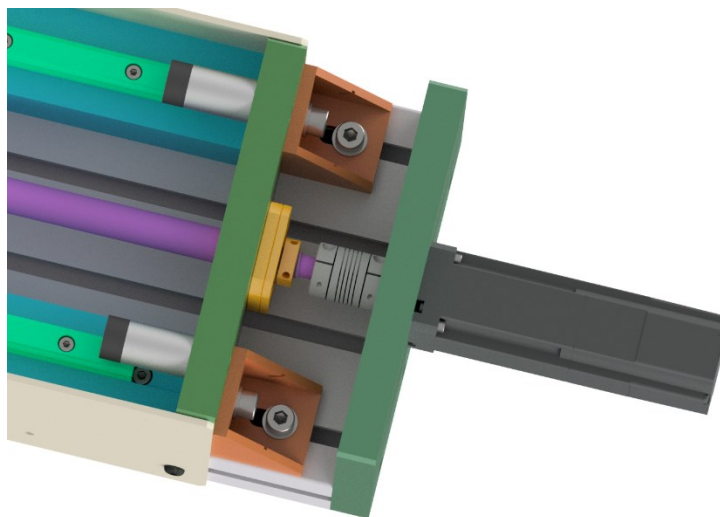
Na každé straně lineárního vedení je použita dvojice zvolených vozíků. K vozíkům je připevněn jezdec, ke kterému jsou následně připevněny další části manipulátoru. Jezdec je svařovaná sestava z hliníkových dílů pro co nejnižší hmotnost celé sestavy. K jezdcí je přišroubován pomocí čtyř šroubů domeček pro matici kuličkového šroubu, a tak dochází k přeměny otáčejícího se pohybu kuličkového šroubu na pohyb jezdec.



*Obr. 4.9.1.7 Připojení jezdc*

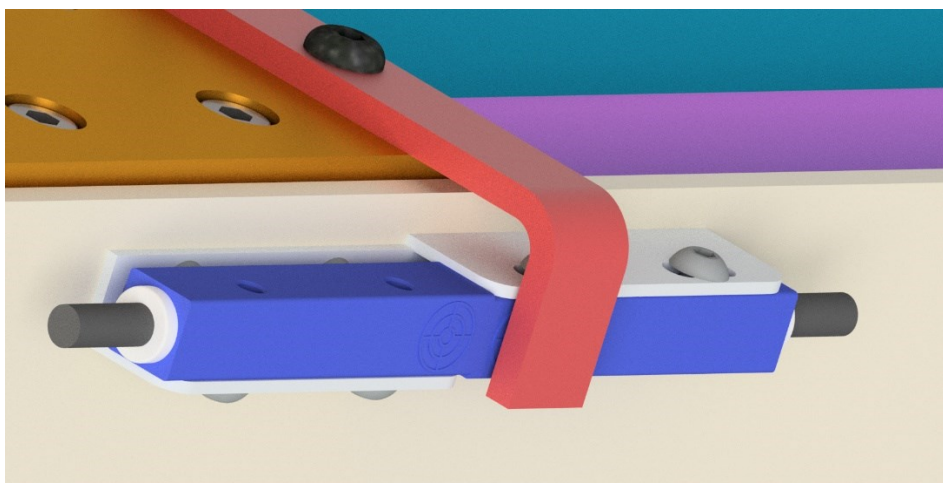
- 1 – Kuličkový šroub; 2 – Matice kuličkového šroubu; 3 – Domeček pro uložení matice;  
4 – Kolejnice lineárního vedení; 5 -Vozík lineárního vedení; 6 – Jezdec

Spojení kuličkového šroubu s motorem je pomocí pružné spojky. Motor je připevněn pomocí šroubového spoje k přírubě. I v tomto případě se jedná o servopohon od společnosti Hiwin o výkonu 50 W. Jedná se o motor FRLS052B5A4A s jmenovitými otáčky 3000 ot./min, který je napájen 220 V. I zde má motor odměřování a není tak potřeba dalšího odměřování polohy jako jsou lineární odměřovací pravítka, nebo odměřování na lineárním vedení. [17]



*Obr. 4.9.1.8 Spojení motoru a kuličkového šroubu*

Z bočních strany lineárního vedení ke krytování proti zamezení vniknutí těles do meziprostoru mezi kolejnicí a vozík lineárního vedení. Navíc jsou na jednom boku krytování umístěny indukční spínače, kde dva slouží jako koncové snímače a jeden jako referenční. Na jezdci je umístěn plíšek, který je následně snímám senzory.

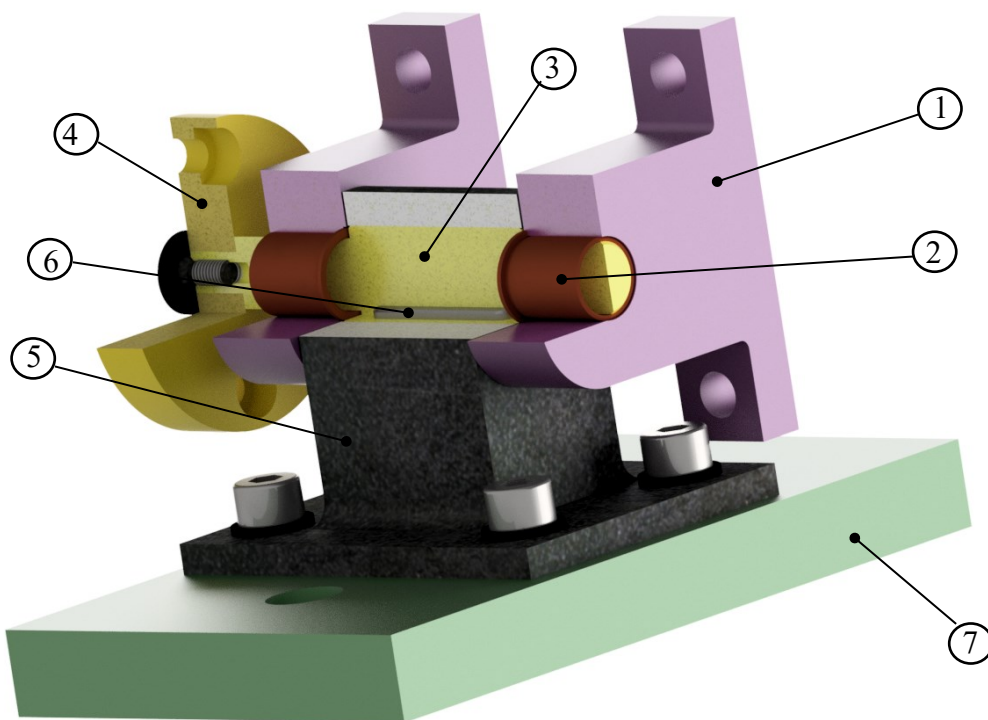


*Obr. 4.9.1.9 Snímače na lineární ose*

Jelikož se jedná o část, která nese rameno a je potřeba na rameno dostat hadice se stlačeným vzduchem a kabely pro snímání polohy musí se zajistit vedení těchto kabelů během lineárního pohybu. Proto jsem zvolil energetický řetěz od firmy IGUS série E08 s rozměry prostoru pro umístění rozvodů vzduchu a kabelů 15 x 30 mm. Energetický řetěz je podepírán vodící lištou.

#### 4.9.2 Výkyvný kloub

Výkyvný kloub je upevněn k jezdci lineární osy a umožňuje výkyv ramena manipulátoru ze svislé do vodorovné polohy.

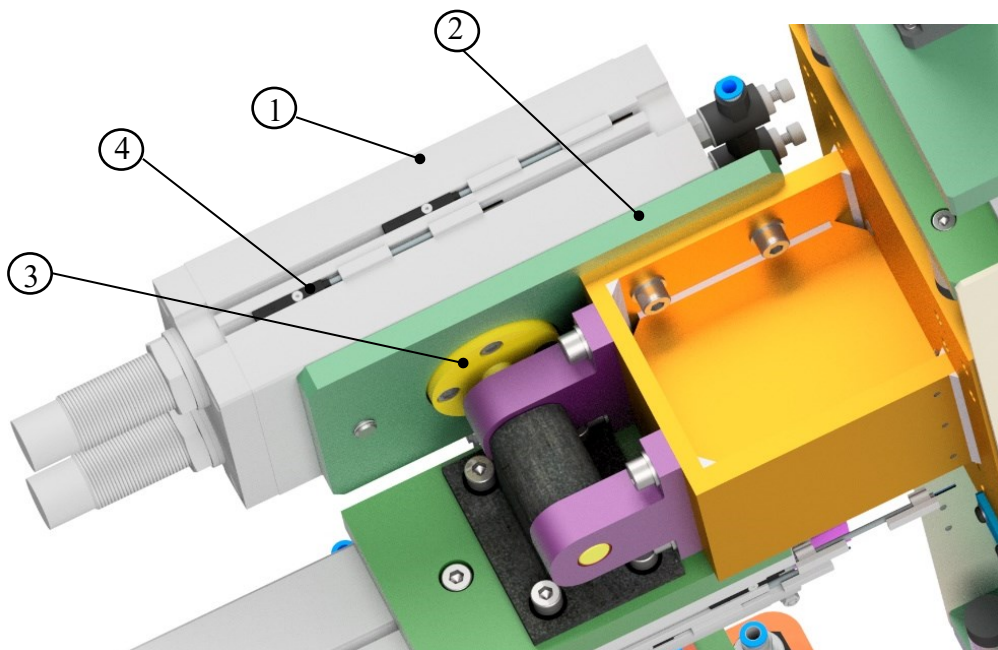


*Obr. 4.9.2.1 Kloub*

1 – Konzole; 2 -Ložisko; 3 – Hřídel; 4 – Unášecí kolo; 5 -Unašeč;  
6 – Pero; 7 – Základní deska

Dvojice konzol je připevněna pomocí šroubového spoje k jezdci lineární osy. Mezi dvojicí konzol je vložena hřídel s drážkou pro pero, do které je vloženo pero pro přenos úhlového natočení. Uložení hřídele v konzolích je pomocí kluzných ložisek.

Na konec hřídele je nasazen unašeč, který je spojen se základní deskou. K základní desce je později připevněno rameno manipulátoru. Spojení hřídele s pneumatickým kyvným motorem je přes unašecí kolo. To je nasazeno na hřídel a zajištěno proti sesunutí z hřídele podložkou a šroubem.



*Obr. 4.9.2.2 Připojení motoru ke kloubu*

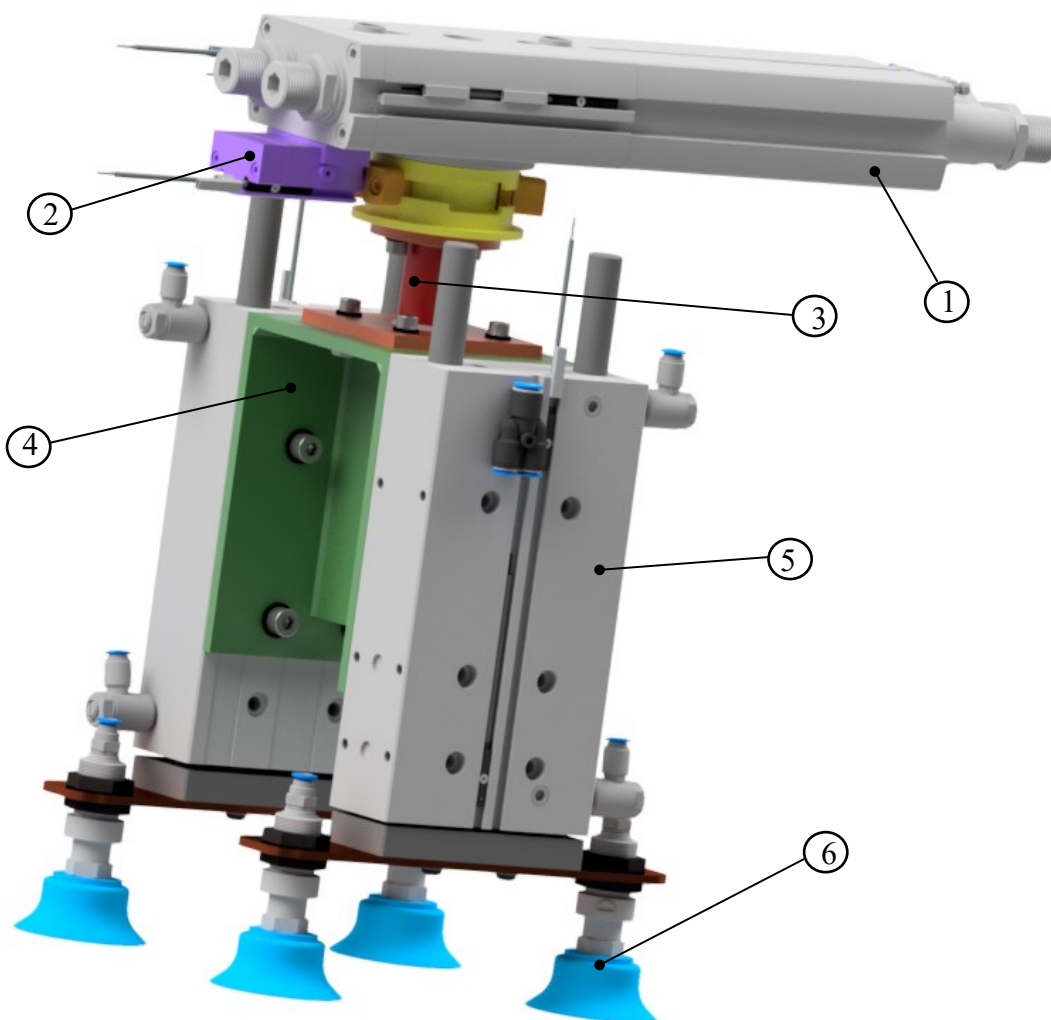
1 – Kyvný pohon; 2 - Upínací deska; 3 -Unašecí kolo; 4 - Senzory

Kyvný pohon jsem opět zvolil od firmy Festo. Jedná se o DRRD-40-180-FH-Y14A. Stejně jako ostatní kyvné motory, i tento má rozsah výkyvu 200°. Nicméně pro potřeby manipulátoru tento výkyv je omezen pouze na hodnotu 90°. V drážkách motoru jsou osazeny senzory pro zjišťování polohy.

#### **4.9.3 Rameno manipulátoru**

Rameno manipulátoru je poslední část zařízení, které se nachází na manipulátoru. Je usazeno na kloub a umožňuje otáčení kolem své osy o 180° s tím, že je potřeba i zastavení v mezipoloze a to v 90°. Poté co je ustaveno ve správné poloze dojde k vysunutí pístnic válců, kde na jejich koncích se nachází vždy dvojice vákuových přísavek. Po zapnutí vákua dojde k přisátí kelímků k manipulaci s nimi.





*Obr. 4.9.3.1 Rameno manipulátoru*

1 – Pneumatický kyvný pohon; 2 – Brzda pohonu; 3 – Svařenec 1; 4 - Svařenec 2;  
5 - Pneumatické válce; 6 - Vákuové přísavky s držáky

Pro případ, kdy je třeba během výkyvu zastavit jsem použil speciální kyvný pohon od společnosti Festo, který právě v mezipoloze (v  $90^\circ$ ) umožňuje zastavit pohyb. Jedná se o pohon DRRD-32-180-FH-PA-PS1. Navíc je k němu přidáno brzda pro fixaci polohy. Brzda má označení DADL-EL-Q11-32. [16]

K motoru je přišroubován svarek, který slouží nejen jako spojovací člen mezi dalším svarkem, ale i jako distanční člen. Druhý svarek slouží taktéž jako spojovací člen, a i distanční člen. Udává totiž vzdálenost, mezi dvojicí pneumatických válců. Pneumatické válce mají zdvih 160 mm, což je více než výška většího kelímku. Je to právě pro potřebu založit kelímek až do karuselu tiskového stroje. Jako pneumatické válce jsou zvoleny válce

s vedením kuličkovým. Označení válce je DFM-32-180-P-A-KF. Připojení stlačeného vzduchu k válcům je za pomoci škrťacích ventilů.

Na konci válce na unašecí desce se nachází dvojice přísavek. Ty slouží pro uchopování kelímků. Přísavky jsou zvoleny tak, aby i při špatném ustavení kelímku na pásu došlo k jeho uchycení a možné tak přenesení na karusel. Jako nejvhodnější varianta jsem vyzkoušel ve firmě Festo a následně zvolil přísavku ESS-60-ES. Jedná se o silikonovou přísavku velikosti 60 mm, která má kruhový tvar a její provedení je jako zvlášť hluboká, Tím je schopna částečně kompenzovat i výškové nerovnosti.

Jako držák přísavky jsem zvolil takový, který umožňuje kompenzaci výškových nerovnoměrností, a to až do velikosti 10 mm. Jedná se o držák VAL-1/8-10. Připojení vákua je z horní strany.



*Obr. 4.9.3.2 Testování přísavky*

Během testování jsem zkoušel, jaká bude výsledná hodnota vákua při použití této přísavky a ejektoru s hlubokým vakuem. I přesto, že jsem zkoušel i špatné uchopení, kdy nebyla nasazena přísavka správně. I přesto se dosáhlo velké hodnoty vákua.





*Obr. 4.9.3.3 Hodnota vákua během testování*

Jako zdroj vákua byl vybrán ejektor OVEM v metrickém provedení s označením OVEM-14-H-B-QO-CE-N-1P. Jedná se o zdroj, kterým vytváří velký stupeň vákua. Tento zdroj vákua má i tu výhodu, že má funkci vyfukování, takže po vypnutí sání dojde k rychlejšímu zaplnění prostoru odkud byl vysán vzduch. Navíc během uchopování dochází k sledování velikosti vákua, a pokud nedojde k správnému přísátí kelímku, ejektor to vyhodnotí jako chybu a nedojde k pokračování běhu řídicího programu. Připojení vákua a stlačeného vzduchu je přes šroubení. Z ejektoru dochází k vyfukování jednak vysátého vzduchu, tak dochází k odcházení vzduchu z vytváření vákua, což je hlučné. Proto je na ejektor použit tlumič hluku, který zmenší hladinu hluku. Pokud by i nadále byla hladina hluku velká, může dojít k zapojení více tlumičů do série. [14]

Uložení ejektoru na manipulátoru je na jezdcí lineární osy. Je třeba, aby byl zdroj vákua co nejblíže k přísavkám. Pro každou dvojici přísavek je zvolen jeden ejektor. Z ejektoru bude vystupovat hadice průměru 8 mm, která se bude později rozdvajovat za pomoci Y spojky na dvě větve o průměru 6 mm.



*Obr. 4.9.3.4 Ejektor [14]*

## 5. Kontrolní výpočty

V této kapitole budou provedeny kontrolní výpočty na vybrané komponenty zařízení. Tím dojde k ověření, zda jsem správně zvolil vybrané komponenty a ty dosahují tak požadavků, které jsou na ně kladeny. Ověření bude kuličkový šroub lineární osy, Výpočet motoru dopravníku a pohonů.

### 5.1 Kuličkový šroub

Kuličkový šroub se ověřuje z důvodu možného vzniku rezonance během provozu. Pro výpočet je potřeba znát délku nepodepřeného šroubu, průměr šroubu, typ uložení šroubu v rámu.

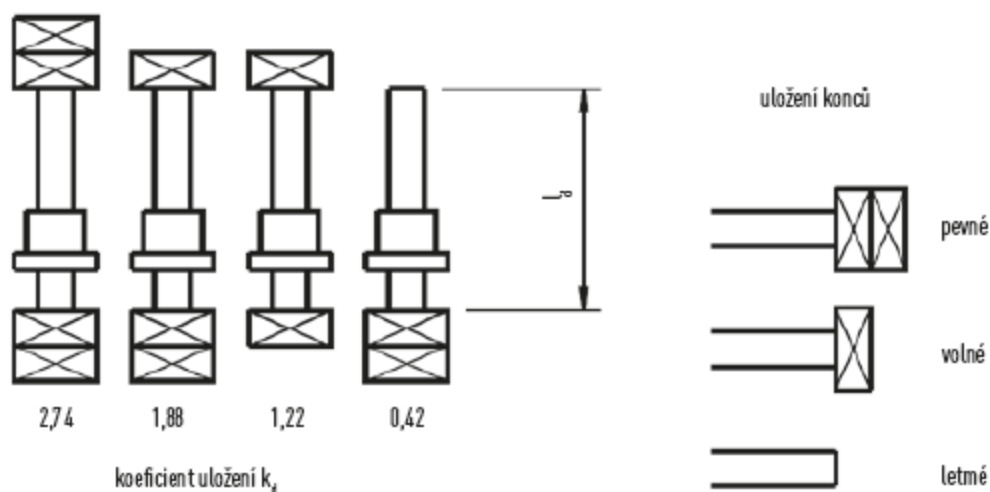
Pro zvolený kuličkový šroub velikosti 16 mm o stoupání 5 mm od společnosti Hiwin jsem provedl kontrolní výpočet na maximální otáčky šroubu, kontrolu na vzpěr, výpočet životnosti šroubu a výpočet hnacího kroutícího momentu.

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$P = 5 \text{ mm}$$

#### 5.1.1 Kontrola maximálních otáček

Pro kontrolu maximálních otáček kuličkového šroubu je potřeba znát průměr šroubu, vzdálenosti mezi uloženími a druhu uložení. Pro lineární osu, kde je použit kuličkový šroub je navrženo uložení ložisek PEVNÉ – PEVNÉ. Z toho vyplývá, že koeficient  $k_d = 2,74$



Obr. 5.1.1.1 Uložení kuličkového šroubu a typy uložení [15]

$$n_{k\text{ kš}} = k_d \cdot \frac{d_k}{l_d^2} \cdot 10^8 \quad (1)$$

$$n_{k\text{ kš}} = 2,74 \cdot \frac{16}{637^2} \cdot 10^8$$

$$n_{k\text{ kš}} = 10804 \text{ min}^{-1}$$

Kde:  $n_{k\text{ kš}}$  - kritické otáčky šroubu [ $\text{min}^{-1}$ ]

$k_d$  - koeficient uložení

$d_k$  - průměr šroubu [mm]

$l_d$  - vzdálenost mezi ložisky [mm]

Dále je potřeba provést výpočet maximálních pracovních otáček. Je to proto, aby se eliminovala možnost přiblížení se ke kritickým otáčkám kuličkového šroubu. Výsledné maximální pracovní otáčky by neměly překročit 80% vypočítané hodnoty kritických otáček.

$$n_{\text{max kš}} = n_{k\text{ kš}} \cdot 0,8 \quad (2)$$

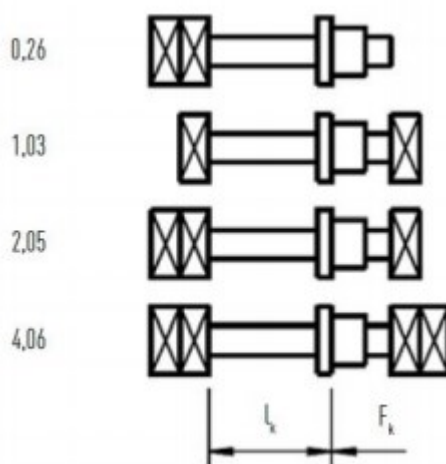
$$n_{\text{max kš}} = 10804 \cdot 0,8$$

$$n_{\text{max kš}} = 8643,2 \text{ min}^{-1}$$

Kde:  $n_{\max k\check{s}}$  – maximální přípustné otáčky kuličkového šroubu [ $\text{min}^{-1}$ ]

### 5.1.2 Kontrola na vzpěr

Šroub může být zatěžován jen takovou axiální silou, aby nedošlo k jeho deformaci. Míra axiálního uložení je závislá na průměru šroubu, jeho délce a uložení. Koeficient je podle uložení, které je na ose  $k_k = 4,06$ .



Obr. 5.1.2.1 Koeficient uložení kuličkového šroubu [15]

$$F_{k\ k\check{s}} = k_k \cdot \frac{d_k^4}{l_k^2} \cdot 10^5 \quad (3)$$

$$F_{k\ k\check{s}} = 4,06 \cdot \frac{16^4}{467,5^2} \cdot 10^5$$

$$F_{k\ k\check{s}} = 141742,6\ N$$

Kde:  $F_{k\ k\check{s}}$  – maximální dovolená teoretická síla [N]

$k_k$  - koeficient uložení

$d_k$  - průměr hřídele [mm]

$l_k$  – nepodepřená délka hřídele [mm]

V pracovních podmínkách může být šroub jen 50% maximální axiální zatěžující síly

$$F_{\max k\check{s}} = F_{k\check{s}} \cdot 0,5 \quad (4)$$

$$F_{\max k\check{s}} = 141742,6 \cdot 0,5$$

$$F_{\max k\check{s}} = 60871 \text{ N}$$

Kde:  $F_{\max k\check{s}}$  – maximální dovolená provozní axiální síla [N]

### 5.1.3 Životnost kuličkového šroubu

Pro zjištění životnosti kuličkového šroubu je potřeba vycházet z dynamické únosnosti šroubu a ze středního zatížení. Střední hodnota je síla, kterou je zatěžována matice kuličkového šroubu. Matice bude zatěžována celou váhou ramena manipulátoru včetně váhy suportu a příslušenství.

Pro zvolený kuličkový šroub je určena dynamická únosnost  $C_{dyn} = 7320 \text{ N}$ .

$$F_m = m_{rp} \cdot g \quad (5)$$

$$F_m = 24,5 \cdot 9,81$$

$$F_m = 240,4 \text{ N}$$

Kde:  $m_{rp}$  – hmotnost ramena a příslušenství [kg]

$g$  – tíhové zrychlení [ $m/s^2$ ]

$F_m$  – střední zatížení [N]

Životnost v otáčkách

$$L_{k\check{s}} = \left( \frac{C_{dyn}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad (6)$$

$$L_{k\check{s}} = \left( \frac{7320}{240,4} \right)^3 \cdot 10^6$$

$$L_{k\check{s}} = 2,82 \cdot 10^{10}$$

Kde:  $L_{kš}$  – životnost kuličkového šroubu v otáčkách [ot.]

$C_{dyn}$  – dynamická únosnost [N]

$F_m$  – střední zatížení [N]

#### 5.1.4 Výpočet hnacího kroutícího momentu

Pro výpočet je třeba znát opět několik parametrů, které určují, jaký je potřeba kroutící moment pro převod rotačního pohybu na pohyb přímočarý. Potřebný kroutící moment je závislý na stoupání závitu, axiálním zatížením a účinností převodu. Jelikož je třeba značně malé, zanedbává se. Účinnost převodu je standartně 0,88

$$M = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} \quad (7)$$

$$M = \frac{240,4 \cdot 5}{2000 \cdot \pi \cdot 0,88}$$

$$M = 0,22 \text{ Nm}$$

Kde:  $M$  – hnací kroutící moment [Nm]

$P$  – stoupání kuličkového závitu [mm]

$F$  – axiální síla působící na matici [N]

$\eta$  - účinnost



## 5.2 Výpočet pohonu dopravníku

Výpočet se provádí pro správné zvolení pohonného motoru pro dopravníkový pás tak, aby docházelo k plynulému chodu pásu.

Nejprve je potřeba zjistit tažnou sílu v pásu. Ten vychází z Eulerova vztahu

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\alpha} \quad (9)$$

Kde:  $T_1$  – tahová síla působící v horní větvi dopravníku [N]

$T_2$  – tahová síla působící v dolní větvi dopravníku [N]

$\mu$  – součinitel tření mezi pásem a bubnem

$\alpha$  – úhel opásání dopravníkového pásu na bubně [rad]

$e$  – Eulerovo číslo,  $e=2,71828$

Další rovnice pro výpočet a kontrolu správnosti výsledku

$$T = T_1 - T_2 \quad (10)$$

Kde:  $T$  – celkový odpor vyvolaný zatížením pásu [N]

Pro samotný výpočet zatížení pásu je potřeba znát maximální zatížení dopravníku, součinitel tření mezi deskou a pásem a součinitel tření na bubnu.

$$T = N \cdot f = m_d \cdot g \cdot f \quad (11)$$

$$T = 0,1 \cdot 9,81 \cdot 0,2$$

$$T = 0,2 \text{ N}$$

Kde:  $m_d$  – maximální tíhové zatížení dopravníku [kg]

$g$  – tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

$f$  – součinitel tření mezi deskou a pásem

Protože mám dvě neznáme  $T_1$  a  $T_{2m}$  a mám dvě rovnice (9) a (10), jednoduchou úpravou dostanu vztah pro výpočet jednotlivé síly zatížení dopravníku. Úhel opásání válce je  $210^\circ$ .

$$T_1 = T_2 \cdot e^{\mu\alpha} \quad (12)$$

$$T_2 = \frac{T}{e^{\mu\alpha} - 1} \quad (13)$$

Po dosazení

$$T_2 = \frac{0,2}{e^{0,3 \cdot \frac{7\pi}{6}} - 1}$$

$$T_2 = \frac{0,2}{e^{0,3 \cdot \frac{7\pi}{6}} - 1}$$

$$T_2 = 0,1 \text{ N}$$

$$T_1 = 0,1 \cdot e^{0,3 \cdot \frac{7\pi}{6}}$$

$$T_1 = 0,3 \text{ N}$$

Jelikož znám již tahovou sílu v bubnu, mohu přejít na výpočet kroutícího momentu bubnu. Průměr hnacího bubnu je 50 mm.

$$M = T_{max} \cdot \frac{D}{2} \quad (14)$$

$$M = 0,3 \cdot \frac{0,05}{2}$$

$$M = 0,0075 \text{ Nm}$$

Kde:  $T_{max}$  - maximální tahová síla na bubnu [N]

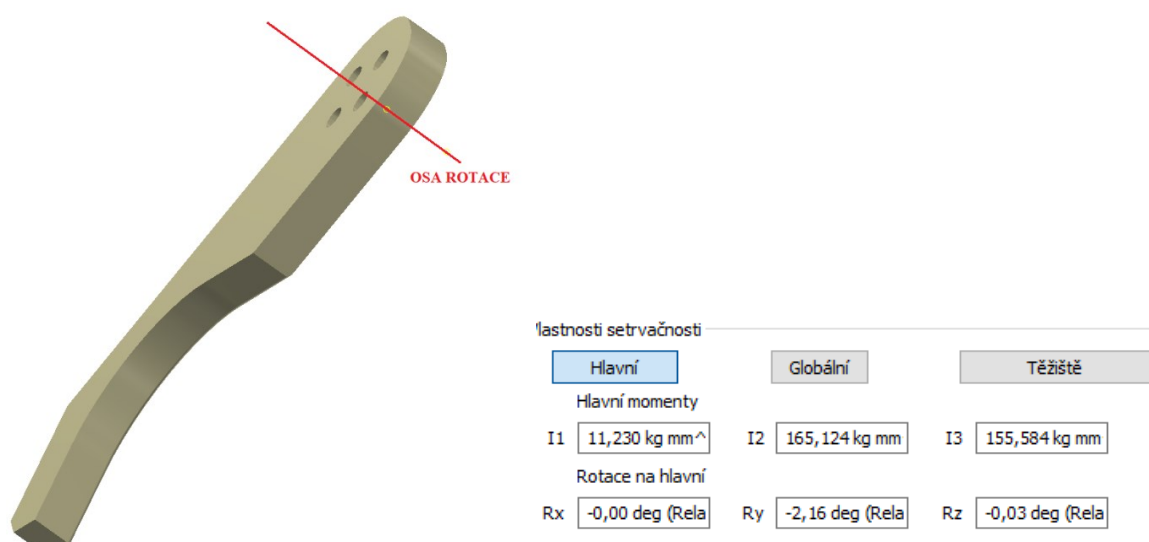
D – průměr hnacího válce [mm]

## 5.3 Výpočet kyvných pohonů

### 5.3.1 Středění na dopravníku

Jako pohon středícího zařízení na dopředném dopravníku jsem zvolil kyvný pohon s označením DRRD-12-180-FH-Y9A. Nyní je třeba určit dobu, za jakou dojde k natočení do požadované polohy, tedy do 90°. [16]

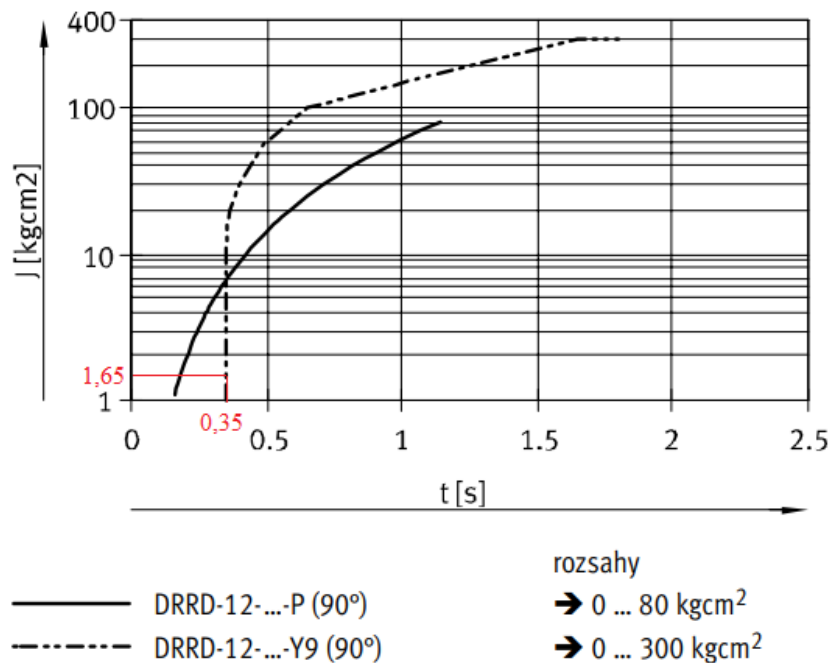
Nejprve je potřeba v programu Inventor zjistit moment setrvačnosti příslušenství, které bude na kyvný pohon přiděláno.



Obr. 5.3.1 Moment setrvačnosti dorazu

Hlavní osou rotace je zde osa Y, což je označení I2. Moment setrvačnosti má hodnotu 1,65 kg/cm<sup>2</sup>. Podle této hodnoty je možné z katalogu od společnosti festo zjistit dobu výkyvu. Odečítání času se provádí tak, že podle zvoleného pohonu s tlumením se vybere správná křivka, která předstanuje časový průběh. Následně podle momentu setrvačnosti se vynese přímka a kde dojde ke spojení křivky časového průběhu a momentu setrvačnosti je výsledná hodnota. Čas potřebný pro vychýlení do požadované pozice se odečte ze spodní části grafu.

velikost 12 s tlumením P/Y9  
úhel kyvu 90°

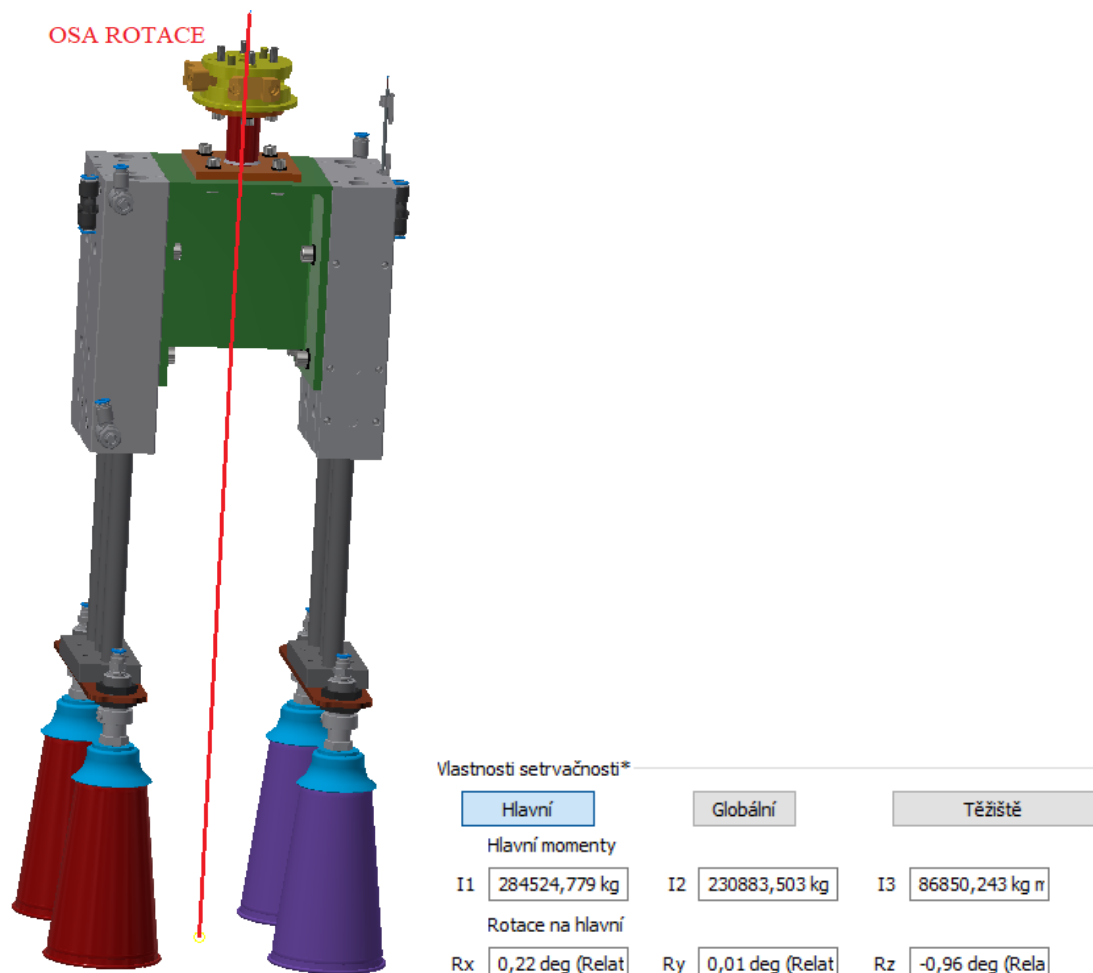


Obr. 5.3.2 Čas operace dorazu [16]

Výsledný čas pro středění je kolem hodnoty 0,35 s. Přesnější zjištění času je možno lepším odečítáním z grafu a interpolací.

### 5.3.2 Návrh pohonu ramene

Jako pohon pro otáčení s ramenem manipulátoru je použit kyvný pohon s označením DRRD-21-180-FH-PA-PS1. Jedná se o pohon, který má možnost zastavovat v mezipoloze, tedy v 90°. Proto je potřeba určit dva časy a to, za jak dlouho dojde k ustavení do požadované polohy a za jak dlouho dojde k ustavení do koncové polohy.

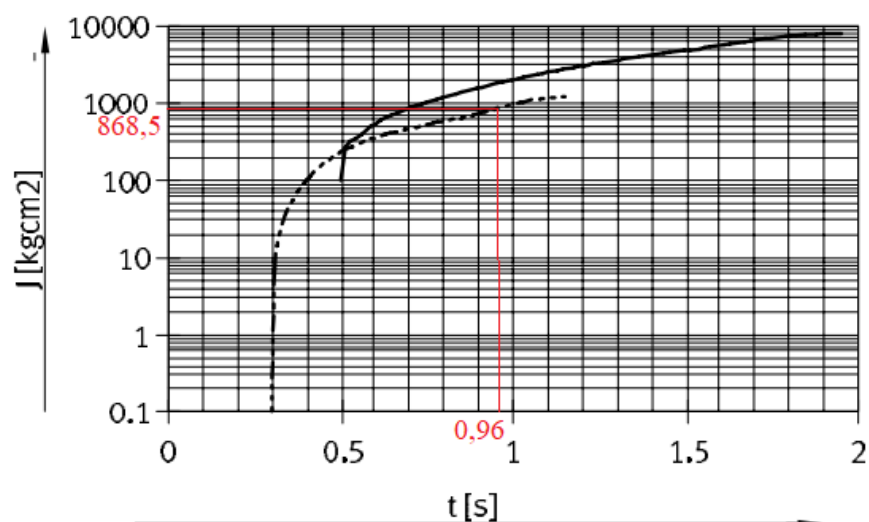


*Obr. 5.3.2.1 Moment setrvačnosti ramene*

Jako hlavní osa rotace je zde osa Z, což je v tabulce hodnot značena pomocí I3. Hodnota momentu setrvačnosti je 868,5 kg/cm<sup>2</sup>. Z grafu pro daný pohon určím výsledný čas.

velikost 32

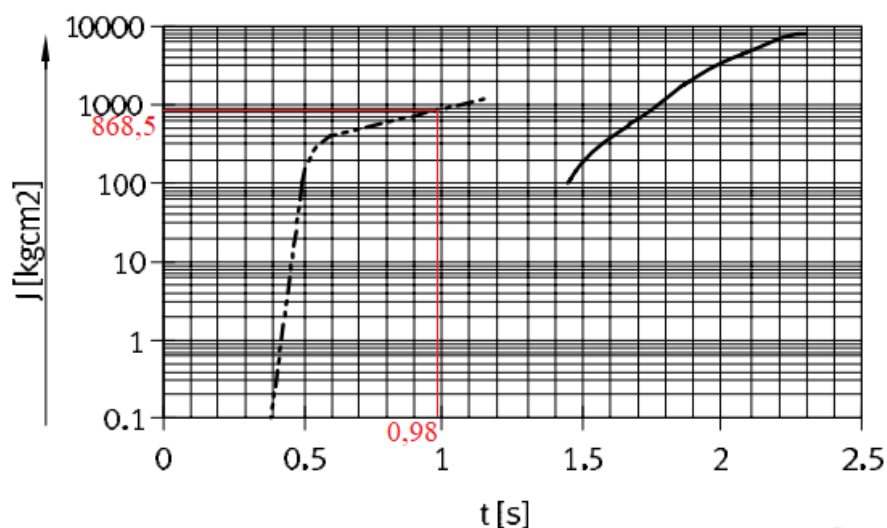
z koncové polohy do mezipolohy



|       |                |  |
|-------|----------------|--|
| —     | DRRD-32-Y9-PS1 | rozsahy → 100 ... 8000 kgcm <sup>2</sup> |
| - - - | DRRD-32-P-PS1  | → 0 ... 500 kgcm <sup>2</sup>            |

Obr. 5.3.2.2 Čas rotace ramene do mezipolohy [16]

z mezipolohy do koncové polohy



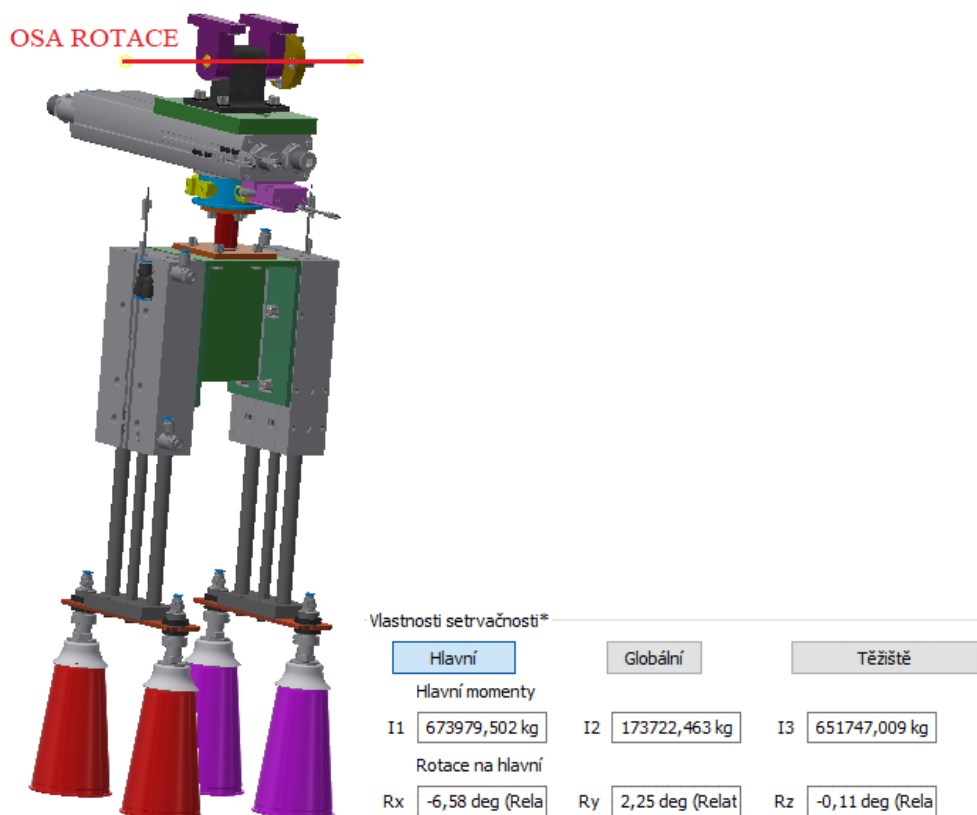
|       |                |  |
|-------|----------------|--|
| —     | DRRD-32-Y9-PS1 | rozsahy → 100 ... 8000 kgcm <sup>2</sup> |
| - - - | DRRD-32-P-PS1  | → 0 ... 500 kgcm <sup>2</sup>            |

Obr. 5.3.2.3 Čas rotace ramene do koncové polohy [16]

Pro tento pohon jsou dva časy pro výkyv. Rozhodující je vždy, který v daném kroku z pohybů bude vykonáván. Je možné říct, že oba časy jsou stejné a to 1 sekunda.

### 5.3.3 Návrh pohonu kloubu

Jako pohon pro kloub jsem zvolil kyvný pohon DRRD-40-180-FH-Y14A, který bude mít výkyv pouze do hodnoty  $90^\circ$ . Určení doby pro výkyv je stejné, jako v předešlých variantách.

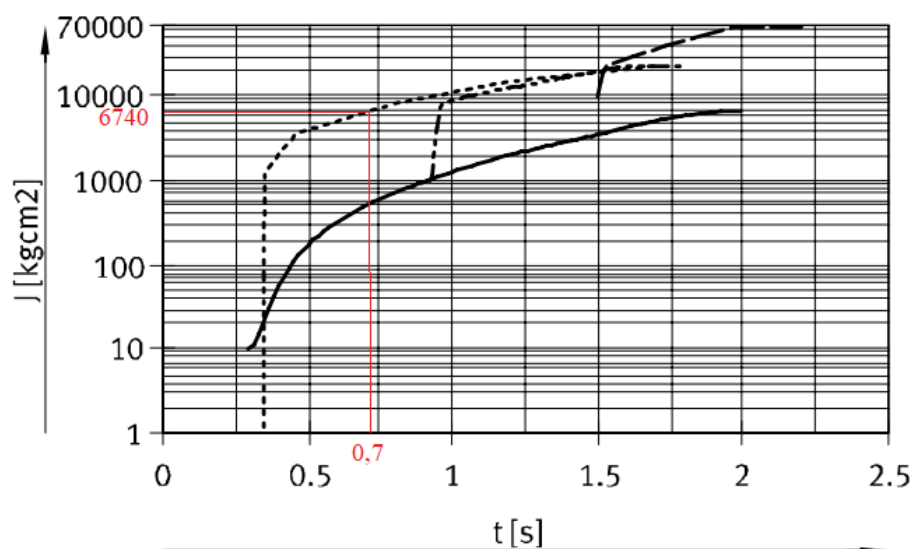


Obr. 5.3.3.1 Čas operace výkyvu na kloubu

V tomto případě je hlavní osou rotace osa X, což je označení I1. Velikost momentu setrvačnosti je po zaokrouhlení  $6740 \text{ kg/cm}^2$ . Následně podle zvoleného pohonu a podle momentu setrvačnosti určím, jaký je čas pro výkyv.



velikost 40 s tlumením P/Y9/Y10/Y14  
úhel kyvu 90°



|                               | rozsahy                             |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| — DRRD-40-...-P (90°)         | → 10 ... 6700 kgcm <sup>2</sup>     |
| - - - DRRD-40-...-Y9 (90°)    | → 1000 ... 23000 kgcm <sup>2</sup>  |
| - - - - DRRD-40-...-Y10 (90°) | → 10000 ... 67000 kgcm <sup>2</sup> |
| ..... DRRD-40-...-Y14 (90°)   | → 1 ... 23000 kgcm <sup>2</sup>     |

Obr. 5.3.3.2 Čas operace výkyvu kloubu [16]

Z vynesení hodnot do tabulky jsem zjistil, že čas potřebný pro vykývnutí ze svislé do vodorovné polohy je kolem hodnoty 0,7s.

## 6. Závěr

Na začátku diplomové práce jsem provedl krátkou rešerši o tom, jaké jsou druhy manipulátorů na trhu. Zde bylo ukázáno jen to nejnutnější. Pokud bychom chtěli detailní rešerši, byla by značně obsáhlá. Před samotným návrhem konstrukce bylo potřeba určit okrajové parametry stroje. Následoval popis samotné tiskárny karuselového typu. Popis tiskárny je značně obtížný, jelikož je ve fázi vývoje a není možné zatím říci veškeré parametry, které bude hotová koncepce mít. Mohlo by se stát, že stroj bude mít ve výsledku lepší parametry, než s kterými se na začátku počítalo.

V hlavní části práce a to návrhu stroje je představen stroj jako celek a poté i jednotlivé části. U jednotlivých částí je popsán princip funkce a z jakých komponent se daná část skládá. U zásobníku a u manipulátoru je navíc ukázáno, jaké operace během chodu stroje následují za sebou.

V poslední části jsem provedl výpočet na vybrané komponenty s tím, že bylo ověřeno, zda jejich volba byla správná. Zde se ukázalo, že veškeré komponenty byly voleny správně.

Všechny požadované parametry stroje byly dodrženy.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. za cenné rady týkajících se řešení a konstrukce stroje. Taktéž bych mu chtěl poděkovat za jeho čas a vstřícnost.

## 7. Seznam použité literatury

- [1] RUMÍŠEK, Jan. *AUTOMATIZACE (roboty a manipulátory)* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Brno srpen 2003. 31s [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/emm\\_mechanizace\\_a\\_automatizace\\_roboty\\_rumisek.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/emm_mechanizace_a_automatizace_roboty_rumisek.pdf)
- [2] FORMÁNEK, Josef. *Podklady k uspořádání řídicím systémům i řízení manipulátorů a robotů* [online]. 13s [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvyka-arvt/Data/ivk-arvt-soubory/14-F.pdf>
- [3] BERGER POSITEC, *Regulační pohony* [online]. [cit. 2019-05-14] <https://www.regulacni-pohony.cz/obrazek/2/Max-p-jpg>
- [4] FANUC. *M-900iB/700* [online], [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/%C5%99ada-m-900/m-900ib-700>
- [5] AROJA XORFEX. *Rotate items* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.arojaxorfex.com/en/industrial-inkjet-printers/rotate-items>
- [6] ALUTEC K&K. *Katalog Alutec K&K* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://katalogaluteckk.aspone.cz/>
- [7] VSK PROFI. *Fixační příslušenství profilů ALUSIC* [online]. 1s [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.vskprofi.cz/vsk-file/24492>
- [8] K&V ELEKTRO. *Kompletní rozvaděče, skříně.* [online]. [cit. 2019-05-16] Dostupné Z: [https://www.e1.cz/api/products/1219178/images/O/skrin-oceloplechova-spacial-s3d-s-montaznim-panelem-v400xs600xh250-ip66-nsys3d4625p\\_\\_p\\_1219178.jpg](https://www.e1.cz/api/products/1219178/images/O/skrin-oceloplechova-spacial-s3d-s-montaznim-panelem-v400xs600xh250-ip66-nsys3d4625p__p_1219178.jpg)
- [9] EUCHLER. *Bezpečnostní zámky STP* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: [http://www.euchner.cz/data/obrazky/produkty/bezpecnost/spinace/stp/STP\\_Metall\\_large.jpg](http://www.euchner.cz/data/obrazky/produkty/bezpecnost/spinace/stp/STP_Metall_large.jpg)
- [10] SICK, *Optoelektrické snímače* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://cdn.sick.com/media/220/9/59/559/IM0022559.png>
- [11] GUMEX, *P9/Z-PU Dopravníkový pás* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/p9z-pu-dopravnikovy-pas-05722?Filter=True>

- [12] HIWIN. *Domečky GFD pro matice* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/ostatni-prislusenstvi/66\\_domecky-gfd-pro-matice](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/ostatni-prislusenstvi/66_domecky-gfd-pro-matice)
- [13] HIWIN. *Vozíky HGH* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/17\\_vozik-hgh](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/17_vozik-hgh)
- [14] FESTO. *Vákuové ejektory OVEM* [online]. 21s [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/OVEM\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/OVEM_CZ.PDF)
- [15] Hiwin. *Kuličkové šrouby* [online]. 56s [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [www.hiwin.cz/download/e33f30d27fc09318415697d6d7e23f39](http://www.hiwin.cz/download/e33f30d27fc09318415697d6d7e23f39)
- [16] FESTO. *Kyvné pohony DRRD, dva písty* [online]. 66s [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DRRD\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DRRD_CZ.PDF)
- [17] HIWIN. *Servo motor FRLS 50W* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/motory/servo-motory/116\\_servo-motor-frls-50w](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/motory/servo-motory/116_servo-motor-frls-50w)
- [18] HIWIN. *Servo motor FRLS 100W* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/motory/servo-motory/117\\_servo-motor-frls-100w](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/motory/servo-motory/117_servo-motor-frls-100w)

## 8. Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1.1 Rozdělení manipulátorů [1] .....                                | 12 |
| Obr. 1.2 Lineární zakladač [3] .....                                     | 12 |
| Obr. 1.3 Teleoperátor [2] .....  | 13 |
| Obr. 1.4 Průmyslový robot [4] .....                                      | 14 |
| Obr. 2.4.1 Kelímek 400 ml a jeho dno.....                                | 17 |
| Obr. 2.4.2 Kelímek 350 ml a jeho dno.....                                | 17 |
| Obr. 3.1 Tiskový stroj [5] .....   | 18 |
| Obr. 4.1 Celkový pohled na stroj .....                                   | 20 |
| Obr. 4.2 Pohled na stroj bez krytování a rozvaděčové skříně.....         | 20 |
| Obr. 4.1.1 Rám stroje.....   | 21 |
| Obr. 4.1.2 Modulární hliníkové profily od společnosti ALUTECKK [6] ..... | 22 |
| Obr. 4.1.3 Matice s pružinou [7].....                                    | 22 |
| Obr. 4.1.4 Rozvaděčová skříň [8] .....                                   | 23 |
| Obr. 4.1.5 Rám s krytováním a bezpečnostními zámky .....                 | 24 |
| Obr. 4.1.6 Bezpečnostní zámek [9].....                                   | 24 |
| Obr. 4.2.1 Zásobník .....  | 25 |
| Obr. 4.2.2 Detailní pohled na spodní část zásobníku.....                 | 26 |
| Obr. 4.2.3 Uložení zásobníku .....                                       | 27 |
| Obr. 4.2.4 Středící zařízení zásobníku .....                             | 28 |
| Obr. 4.2.5 Laserový senzor [10] .....                                    | 28 |
| Obr. 4.2.6 Pohled ze spodu na zásobník .....                             | 29 |
| Obr. 4.3.1 Brzda zásobníku .....   | 30 |
| Obr. 4.4.1 Vytahovač kelímků.....  | 31 |
| Obr. 4.4.2 Pneumatický válec s vedením.....                              | 32 |
| Obr. 4.4.3 Chapadlový pohon .....  | 32 |
| Obr. 4.5.1 Vedení kelímků.....   | 33 |
| Obr. 4.6.1 Pád kelímku na čelisti vytahovače.....                        | 35 |
| Obr. 4.6.2 Vyjetí brzdy .....  | 35 |
| Obr. 4.6.3 Otevření čelistí vyhazovače .....                             | 36 |
| Obr. 4.6.4 Vyjetí vyhazovače do horní polohy .....                       | 36 |
| Obr. 4.6.5 Sevření čelistí vyhazovače.....                               | 37 |
| Obr. 4.6.6 Vytažení kelímku.....   | 37 |
| Obr. 4.6.7 Dosednutí kelímku na pás.....                                 | 38 |
| Obr. 4.6.8 Uvolnění kelímku na pásu .....                                | 38 |
| Obr. 4.7.1 Dopravníky .....  | 39 |
| Obr. 4.7.2 Dopravník dopředný .....                                      | 40 |
| Obr. 4.7.3 Dopravník zpětný .....  | 40 |
| Obr. 4.7.4 Části dopravníku.....   | 41 |
| Obr. 4.7.1.1 Hnací válec .....   | 41 |
| Obr. 4.7.2.1 Napínací válec .....  | 42 |
| Obr. 4.7.3.1 Vodicí válec .....  | 43 |
| Obr. 4.7.4.1 Distanční válec .....                                       | 44 |
| Obr. 4.7.5.1 Vedení pásu .....   | 44 |

|  |    |
|--|----|
| Obr. 4.7.6.1 Pohyblivé středění .....                              | 45 |
| Obr. 4.7.7 Dopravníkový pás [11] .....                             | 46 |
| Obr. 4.8.1 Manipulátor .....                                       | 47 |
| Obr. 4.8.1.1 Přísátí kelímku .....                                 | 49 |
| Obr. 4.8.1.2 Zajištění pístnice s novými kelímky.....              | 50 |
| Obr. 4.8.1.3 Nastavení horizontální polohy manipulátoru .....      | 50 |
| Obr. 4.8.1.4 Rotace ramene manipulátoru .....                      | 51 |
| Obr. 4.8.1.5 Odebrání kelímku z karuselu.....                      | 51 |
| Obr. 4.8.1.6 Založení nového kelímku. ....                         | 52 |
| Obr. 4.8.1.7 Zasunutí pístnice .....                               | 52 |
| Obr. 4.8.1.8 Zpětná rotace ramene manipulátoru .....               | 53 |
| Obr. 4.8.1.9 Vracení do svislé polohy .....                        | 53 |
| Obr. 4.8.1.10 Položení kelímků a odebrání nových.....              | 54 |
| Obr. 4.9.1.1 Lineární osa .....                                    | 55 |
| Obr. 4.9.1.3 Osazení podložky .....                                | 56 |
| Obr. 4.9.1.4 Uložení přírubového ložiskového domečku .....         | 57 |
| Obr. 4.9.1.5 Kuličkový šroub s maticí a upínací kostkou [12] ..... | 58 |
| Obr. 4.9.1.6 Lineární vozík s kolejnici [13].....                  | 58 |
| Obr. 4.9.1.7 Připojení jezdce .....                                | 59 |
| Obr. 4.9.1.8 Spojení motoru a kuličkového šroubu .....             | 60 |
| Obr. 4.9.1.9 Snímače na lineární ose .....                         | 60 |
| Obr. 4.9.2.1 Kloub .....   | 61 |
| Obr. 4.9.2.2 Připojení motoru ke kloubu .....                      | 62 |
| Obr. 4.9.3.1 Rameno manipulátoru.....                              | 63 |
| Obr. 4.9.3.2 Testování přísavky.....                               | 64 |
| Obr. 4.9.3.3 Hodnota vákua během testování.....                    | 65 |
| Obr. 4.9.3.4 Ejektor [14].....                                     | 66 |
| Obr. 5.1.1.1 Uložení kuličkového šroubu a typy uložení [15].....   | 68 |
| Obr. 5.1.2.1 Koeficient uložení kuličkového šroubu [15] .....      | 69 |
| Obr. 5.3.1 Moment setrvačnosti dorazu.....                         | 74 |
| Obr. 5.3.2 Čas operace dorazu [16] .....                           | 75 |
| Obr. 5.3.2.1 Moment setrvačnosti ramene.....                       | 76 |
| Obr. 5.3.2.2 Čas rotace ramene do mezipolohy [16] .....            | 77 |
| Obr. 5.3.2.3 Čas rotace ramene do koncové polohy [16] .....        | 77 |
| Obr. 5.3.3.1 Čas operace výkyvu na kloubu .....                    | 78 |
| Obr. 5.3.3.2 Čas operace výkyvu kloubu [16] .....                  | 79 |



## 9. Seznam příloh

### Výkresová dokumentace

| Název                | Označení výkresu | Formát |
|----------------------|------------------|--------|
| Napínací hřídel      | M-00-03-21       | A3     |
| Bočnice lineární osy | M-00-07-03       | A3     |
| Napínací válec       | S-00-03-01       | A3     |
| Dopravník zpětný     | S-00-03          | A1     |
| Dveře velké          | S-00-06          | A2     |
| Lineární osa         | S-00-07          | A0     |
| Rameno manipulátoru  | S-00-04          | A0     |
| Vyhazovač            | S-00-01-01       | A2     |
| Tiskový stroj        | S-00-00          | A0     |

**CD** – 3D model, Výkresová dokumentace, Textová zpráva